

POSTEROVÝ DEŇ SMS 2025

**Interakcia zložiek krajinnej sféry
v meniacej sa klíme 21. storočia**

ZBORNÍK ABSTRAKTOV



Organizátori:

Slovenská meteorologická spoločnosť o.z.

Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského, Bratislava

Dátum konania: 13. februára 2025

Miesto konania: Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK, Mlynská dolina F1, Bratislava

Organizačný výbor:

RNDr. Paulína Valová

Mgr. Martina Sadloňová

RNDr. Gabriela Ivaňáková

Mgr. Katarína Mikulová, PhD.

RNDr. Ivana Krčová

Mgr. Lívia Labudová, PhD.

Mgr. Milan Onderka, PhD.

Doc. RNDr. Martin Gera, PhD.

Tibor Csörgei

Ing. Viera Rattayová, PhD.

Príspevky neboli recenzované a neprešli jazykovou korektúrou.

Za jazykovú úroveň zodpovedajú autori príspevkov.

Vydala Slovenská meteorologická spoločnosť, o.z.

Jeséniova 17, Bratislava, SK-833 15

ISBN: 978-80-973051-3-0



Obsah

Predslov	5
<i>Kurjak, D., Kurjaková, J., Sliacka Konôpková, A.:</i> Trees under drought and heat stress: physiological acclimation or adaptation?	6
<i>Kaňák, J., Kaňák, P., Okon, L., Jurašek, M.:</i> Meteosat geostationary satellites – transition from 2nd to 3rd generation and monitoring of selected climatological parameters by satellite measurements	7
<i>Balková, L., Lafférová, J., Borsányi, P., Hlavatá H., Škvarenina, J.:</i> Pollen dynamics of hazel (<i>Corylus</i> spp.) in the air of Banská Bystrica and its dependence on meteorological factors	8
<i>Bartík, L., Huszár, P., Peiker, J., Karlický, J., Vlček, O., Vodička, P.:</i> Neistoty spojené s modelovaním organického aerosólu v strednej Európe	9
<i>Damborská, I.:</i> Evapotranspiration and climatic irrigation index in Slovakia in 1951–2021	11
<i>Doležalová, A., Seidl, J., Štáštka, J., Kaňák, J.:</i> Automatic detection of overshooting tops and their properties using Neural Networks	12
<i>Endel, B., Kokavec, I., Navara, T., Lánčos, T.:</i> Vplyv derivačných malých vodných elektrární na parametre kvality vody v kontexte klimatickej zmeny	13
<i>Faško, P., Pecho, J., Ivaňáková, G., Kajaba, P., Rozkošný, J.:</i> Obdobie jeseň 2023 – leto 2024: extrémne teplé ročné obdobia na Slovensku	14
<i>Frnda, D., Šinger, M., Fedor, T.:</i> Priemyselné sneženie na Slovensku	15
<i>Hrabčák, P., Štefánik, D., Matejovičová, J.:</i> Veľkonočná epizóda prenosu saharského prachu v roku 2024	16
<i>Kamínková, A., Šustková, J., Šustková, V.:</i> Povodne v zari 2024 na pozadí meničiho se klimatu	17
<i>Kokavec, I., Bartík, I.:</i> Dlhodobý vývoj základných parametrov kvality vody v neregulovaných a prehradených vodných tokoch Slovenska	18
<i>Korený, L., Korená Hillyayová, M., Borsányi, P., Škvarenina, J.:</i> Influence of selected meteorological factors on the development of varroasis in honey bees	19
<i>Kristeková, N.:</i> EURO-CORDEX driving CMIP5 models' simulation of the large-scale European climate - a literature review	20
<i>Kvak, R., Zacharov, P.:</i> Three Decades of Thunderstorm Environments Reflected in the PERUN Reanalysis	21
<i>Labudová, L., Mikulová, K., Ivaňáková, G., Krčová, I.:</i> Aktuálny stav manažmentu sucha, vln horúčav a požiarneho nebezpečenstva na Slovensku	22
<i>Labudová, L., Mikulová, K., Belluš, M., Špilda, I., Poděbradská, M., Trnka, M.:</i> Nové predpovedné produkty projektu Clim4Cast	23
<i>Leščešen, I., Pekárová, P., Miklánek, P., Bajtek, Z., Josić, M.:</i> Hydrological Regime Shifts in the Carpathian Basin: Assessing Decreasing Minimum Discharges During the Warm Season	24
<i>Markovič, L., Faško, P., Ivaňáková, G.:</i> Zmeny v časových radoch vybraných charakteristik snehovej pokrývky na Slovensku	25

<i>Melo, M., Gera, M.:</i> Scenáre teploty vzduchu, zrážok a vlhkosti vzduchu na Slovensku do konca 21. storočia podľa klimatických modelov MPI a KNMI	26
<i>Mináriková, V.:</i> Výskyt smogových situácií pre PM ₁₀ na Slovensku v novembri a decembri roku 2024	27
<i>Onderka, M., Sokolchuk, K., Rattayová, V., Pecho, J.:</i> Application of the mean ergodicity in regional frequency analysis of rainfall	28
<i>Pavlendová, H., Snopková, Z., Sitková, Z.:</i> Vývoj nástupu a dĺžky trvania fenologickej fázy „prvé listy“ u duba zimného a letného a u buka lesného na Slovensku v rokoch 2000 – 2024	29
<i>Pekárová, P., Pekár, J., Melo, M., Rídzoň, J.:</i> Návrhové hodnoty 1-, 2- a 5- denných úhrnov zrážok v povodí potoka Vydríca v Bratislave	30
<i>Petrovič, M.:</i> Tracking Extreme Weather in a Changing Climate: The Role of Remote Sensing and Data Assimilation in ALADIN	31
<i>Rozkošný, J., Holec, J., Špilda, I., Hanula, I.:</i> Flight activity of spruce bark beetle (<i>Ips typographus</i> L.) in Central Slovakia during spring season 2024	32
<i>Rožnovský, J.:</i> Vliv města na extrémní teploty vzduchu	33
<i>Rožnovský, J., Šiška, B., Střešník, J., Vido, J.:</i> 60 let České a Slovenské bioklimatologické společnosti	34
<i>Šadláková, D.:</i> Zmeny klimatických podmienok a ich vývoj počas obdobia rokov 1951 – 2100	35
<i>Seják, K.:</i> Klasifikácia umiestnení 31 klimatologických staníc SHMÚ podľa predpisu WMO pre prvky teplota vzduchu a zrážky	36
<i>Simon, A., Belluš, M., Neštiak, M., Méri, L., Derková, M., Šinger, M.:</i> Severe weather studies using high resolution forecast applications at SHMU	37
<i>Slavková, J.:</i> Očakávaná zmena charakteru sucha v budúcnosti podľa výstupov regionálnych klimatických modelov	38
<i>Varšová, S., Lukasová, V., Krempaský, J., Onderka, M., Bilčík, D., Nejedlík, P., Škvarenina, J.:</i> Vichrice vo Vysokých Tatrách	39
<i>Vasilák, M.:</i> Vývoj a priestorová diferenciácia snehovej pokrývky v oblasti Vysokých a Belianskych Tatier v kontexte klimateckej zmeny	40

Predslov

Dnešná doba prináša veľké zmeny nielen v spoločenskej, ale aj prírodnej oblasti – a nemyslím len meteorológiu, klimatológiu či iné príbuzné odbory. Obrovské spoločenské zmeny súvisia aj s tými prírodnými – alebo naopak. 2. ročník Posterového dňa SMS 2025 nadväzuje na ten minuloročný a prináša opäť možnosť zoširoka sa pozrieť na Zem. Zmenu klímy, ktorá sa na Zemi deje už niekoľko desaťročí, už spochybňuje menej a menej ľudí a vôbec neriešime, čo alebo kto je toho príčinou. Desaťročia výskumu postupne odhaľujú zaujímavé a niekedy aj nečakané súvislosti.

Práve možnosť možno až nečakaných súvislostí otvára mnohé pohľady na interakcie zložiek krajinnej sféry. Hlavnou témou 2.ročníka Posterového dňa SMS 2025 je :

INTERAKCIA ZLOŽIEK KRAJINNEJ SFÉRY V MENIACEJ SA KLÍME 21. STOROČIA.

Krajinná sféra je súbor fyzicko-geografickej a socioekonomickej (humánno-geografickej) sféry. Fyzicko-geografická sféra je prírodná zložka krajiny (litosféra, hydrosféra, pedosféra, biosféra, atmosféra), tá socioekonomická je človekom vytvorená zložka krajiny – obyvateľstvo, sídla, výrobná sféra, dopravná sféra a pod.

Široko koncipovaná téma Posterového dňa umožňuje poukázať na súvislosti z rozličných, často na prvý pohľad nesúvisiacich oblastí. Aj preto je vzájomná spolupráca vedcov z rôznych odvetví viac ako potrebná, priam nevyhnutná. Posterová forma prezentácie výsledkov výskumu je jednou z možností ako si vzájomne vymieňať výsledky výskumu a nadväzovať nové kontakty.

Paulína Valová

Predsedníčka Slovenskej meteorologickej spoločnosti, o.z.

Trees under drought and heat stress: physiological acclimation or adaptation?

Kurjak, D.¹, Kurjaková, J.¹, Sliacka Konôpková, A.¹

¹Technical University in Zvolen, Faculty of Forestry, *kurjak@tuzvo.sk

Recently, Europe has experienced several years with exceptionally hot and dry summers. The situation is alarming, as abrupt shifts in precipitation patterns exert strong evolutionary pressure, threatening the stability of European forests. A comprehensive examination of the physiological processes underlying tree resistance and mortality is crucial for developing decision-support tools.

One of the discussed strategies in climate change adaptation is assisted migration, which involves the artificial transfer of seeds or seedlings. This approach assumes that plants originating from drier and warmer locations might be better adapted to adverse hydric conditions. Provenance experimental plots have been established across Europe to assess the actual benefits and potential risks of this approach, as well as to evaluate changes driven by the heritable effects of local adaptation. In addition, the evaluation of multiple experimental plots with differing environmental conditions enables the exploration of short-term acclimation to new environments. The capacity of a genotype to adapt its morphology and/or metabolism to different environmental conditions, known as phenotypic plasticity, may play an essential role in the survival and sustainability of plants exposed to climate change.

One of the fastest-acting and most effective plant defence mechanisms against drought is the gradual closure of stomata, microscopic apertures located in the epidermis of photosynthetic organs. The speed of this response is critical for effectively regulating water loss. Morphological differences in stomata exist not only among various tree species but also among provenances (populations of different origins). Additionally, we found out that stomata can respond based on previous climatic experiences.

If water loss continues after stomatal closure and the water potential in xylem cells drops, air bubbles can block the vessels. The failure of water transport is the most widely discussed physiological mechanism contributing to tree mortality due to drought. Also, hindered photosynthesis and the gradual depletion of carbohydrates can lead to physiological weakening and decreased vitality during prolonged drought. We confirmed some relations between the functional traits of xylem and the climate at the place of origin, but the effect of acclimation is more significant.

Limited transpiration due to stomata closure can directly or indirectly trigger a cascade of further reactions because the leaves are unable to cool effectively. Moreover, even when the stomata are fully closed, water may still be lost through small leaks in the stomata, through the layer of the leaf cuticle or other tissues, which can lead to further damage during prolonged drought. Recent findings are particularly concerning, suggesting that drought combined with extreme temperatures may lead to a rapid increase of cuticular conductance to water vapour. This implies that plants' protective water conservation strategies could be significantly compromised under combined stress, potentially leading to severe consequences in certain regions.

Keywords: hot and dry weather in forests, adaptation, physiological acclimation

Acknowledgment

This study has been funded by the project No.APVV-21-0270.

Meteosat geostationary satellites – transition from 2nd to 3rd generation and monitoring of selected climatological parameters by satellite measurements

Ján Kaňák¹, Peter Kaňák¹, Ľuboslav Okon¹, Marian Jurašek¹

¹ Slovak Hydrometeorological Institute

jan.kanak@shmu.sk

The MTG-I1 satellite was launched on 13 December 2022. The main instruments are the FCI (Flexible Combined Imager) and LI (Lightning Imager). EUMETSAT has performed a number of pre-operational tests and provided pre-operational data to users. Before launch, but especially in the period 2023-2024, we took the opportunity to improve the SHMÚ GEOProc/MTGProc software so that it is ready to process data from all 16 spectral channels at native resolution. The FDHSI data in reduced resolution are disseminated by the EUMETCast Satellite system and the HRFI data in native resolution are disseminated by the EUMETCast Terrestrial system. In our work, we tried to find and apply image data corrections that significantly improve the resulting RGB images while maintaining their high resolution or when combining high and low resolution data to obtain a complete set of RGB products. The resulting products are sharper, small-scale cloud details stand out, and cloud colour distortion, which is important for their visual interpretation, is also reduced.

MTGProc software is operationally running on the EWC (Eumetsat Weather Cloud) virtual server under Ubuntu and processes image data from MTG-I1, GOES-16, GOES-18 and HIMAWARI in a 10-minute step; SEVIRI HRIT data from Meteosat 9 and Meteosat 10 are processed in a 15-minute step; LI LFL L2 data observed in the last 120 minutes are processed in a 5-minute step. Since the beginning of September 2024, the MTGProc software has been installed and running at the Bulgarian Meteorological Service NIMH as part of a mutual cooperation on the development of new MTG products.

The Slovak Hydrometeorological Institute (SHMÚ) uses the H-SAF (Hydrology SAF – Satellite Application Facility) and OSI-SAF (Ocean and Sea Ice SAF) satellite products to analyse long-term variability of solar radiation and precipitation. The Solar Surface Irradiance (SSI) product has been used to monitor global solar radiation over Slovakia and the surrounding area since 2012. The processed SSI data were used to create maps of daily and monthly solar radiation averages, as well as 10-year climatological normals (January 2012 – December 2021) for anomaly detection and evaluation.

The SHMÚ also processes the H-SAF precipitation products (H60B, H61B) to monitor rainy and dry periods by calculating 10-year monthly precipitation normals (July 2012 – June 2022) for Central Europe and deriving monthly precipitation anomalies. These outputs are produced at a resolution of 1 km and displayed in the Mercator system for the Central European region. The processed data are integrated and displayed using PHP-based visualization scripts, which provides effective control over the processed data. In the future, SHMÚ plans to incorporate CM-SAF products to further increase the quality and reliability of long-term monitoring outputs. This presentation presents the basic climatological parameters of clouds and atmosphere provided by the EUMETSAT CM-SAF (Climate Monitoring) consortium.

Keywords: geostationary satellites, spectral channels, satellite data and products, CM-SAF, H-SAF, solar radiation, precipitation totals, long-term averages and anomalies

Acknowledgment

The development of the software for processing global satellites was supported by EUMETSAT under the Cooperation Agreement between SHMÚ and EUMETSAT EUM/CO/23/4600002742/EE Order No. 4500023844 entitled "Development of consultancy for the MTGProc training environment".

The processing of H-SAF products at SHMÚ falls under the membership of the EUMETSAT H-SAF consortium under the Cooperation Agreement between EUMETSAT and ITAF MET SERVICE, L. E. (Leading Entity) for H-SAF CDOP-4. Supplement to this Cooperation Agreement between SHMÚ and ITAF MET SERVICE (SAF/HSAF/CDOP4/AGRI2).

Pollen dynamics of hazel (*Corylus* spp.) in the air of Banská Bystrica and its dependence on meteorological factors

Lenka Balková¹, Janka Lafférsová⁵, Peter Borsányi³, Helena Hlavatá³, Jaroslav Škvarenina^{2, 4*}

¹ Faculty of Ecology and Environmental Sciences, Technical University in Zvolen, T.G. Masaryka 24, Zvolen, 96001, Slovakia.

^{2*} Department of Natural Environment, Faculty of Forestry, Technical University in Zvolen, T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen, Slovakia e-mail: skvarenina@tuzvo.sk

³ Slovak Hydrometeorological Institute, Jeséniova 2305/17, SHMÚ, 833 15 Bratislava, Slovakia.

⁴ Ústav vied o Zemi SAV, v.v.i., Dúbravská cesta 9, Bratislava, SK-84005, Slovakia.

⁵ Public Health Authority of the Slovak Republic, Cesta k nemocnici 1, 975 56 Banská Bystrica, Slovakia.

Urban vegetation, including municipal forests, parks and gardens, represents a significant source of ecosystem services for the inhabitants. In addition to the countless benefits that urban greenery brings, it is also necessary to mention the potential risks associated with the occurrence of pollen allergens. One such allergen is hazel (*Corylus* spp.) pollen. In this paper, we focused on the evaluation of hazel pollen seasons from 2017 to 2021 in the Banská Bystrica area. Pollen service data for the genus hazel - *Corylus*, were obtained from the station of the Regional Public Health Authority based in Banská Bystrica, where aeropalynological monitoring is carried out using a Burkard volumetric rotary pollen trap. This is located on the roof of the infectology pavilion, at the Old Faculty Hospital with Polyclinic in Banská Bystrica (altitude 375 m a. s. l., N 48° 44' 28", E 19° 9' 53"). Meteorological data were obtained from the Slovak Hydrometeorological Institute, Banská Bystrica station, Zelená 5 (altitude 427 m a. s. l., N 48° 44' 1", E 19° 7' 1"). Basic aerobiological characteristics were determined, such as the annual pollen index (API), the seasonal pollen index (SPI) using the 95% method, as well as the start and end and duration of individual pollen seasons. The SPI reached its maximum value in 2018 (3725 Grains.m⁻³), the longest duration of the main pollen season was in 2020 (44 days) and the maximum pollen concentration was 1170 Grains.m⁻³ and was found on March 4, 2019. The main goal was to examine the influence of selected meteorological elements (sunshine duration, air temperature and relative humidity, precipitation, wind speed, sum of active temperatures, etc.) on the concentration of hazel pollen grains during the period of their culmination. We chose this period because the culmination period represents the period of the highest physiological burden for allergy sufferers. The sums of active temperatures above 0 °C and 5 °C and also the maximum air temperatures proved to be the most statistically significant. Minimum air temperatures, relative humidity, total precipitation and sunshine proved to be significant only in some years. Knowledge about the seasonal dynamics of pollen grains has wide application, for example in allergology, municipal arboriculture, human bioclimatology, but also in forensic sciences.

Keywords: pollen grains, palynology, allergens, meteorological elements, pollen indices, pollen seasons

Acknowledgment

This work was financially supported by the Grant Agency of the Ministry of Education of the Slovak Republic VEGA 1/0443/23.

Neistoty spojené s modelovaním organického aerosólu v strednej Európe

L. Bartík¹, P. Huszár¹, J. Peiker^{1,2}, J. Karlický¹, O. Vlček² a P. Vodička³

¹ Katedra fyziky atmosféry, Matematicko-fyzikálna fakulta, Univerzita Karlova, V Holešovičkách 2, 18000, Praha 8, ČR; lukas.bartik@matfyz.cuni.cz

² Oddělení modelování a expertíz, Úsek kvality ovzduší, Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 2050/17, 143 06, Praha 4, ČR

³ Ústav chemických procesů AV ČR, v.v.i., Rozvojová 1/135, 165 02, Praha 6, ČR

Znečistenie ovzdušia predstavuje v súčasnosti najvýznamnejšie environmentálne zdravotné riziko pre obyvateľov Európy, a to najmä tých žijúcich v mestských oblastiach. Medzi znečisťujúce látky s najkritickejšou hrozbou pre ľudské zdravie patria častice PM_{2,5}, t. j. pevné aerosólové častice s aerodynamickým priemerom menším ako 2,5 μm. Aj napriek značnej priestorovej a časovej variabilite chemického zloženia častíc PM_{2,5} v strednej Európe, vo všeobecnosti medzi nimi dominujú organické aerosóly a sekundárne anorganické aerosóly. Organické aerosóly sú zároveň hlavným prispievateľom k celkovému množstvu submikrónových aerosólových častíc, PM₁.

Modelovanie organických aerosólov pomocou chemických transportných modelov (CTM) je po desaťročia problematické, pretože CTM často podhodnocujú ich koncentrácie. Medzi potenciálne zdroje tohto nedostatku patria napríklad:

- zjednodušujúce predpoklady použité pri modelovom popise organických aerosólov;
- neistoty v modelových mechanizmoch popisujúcich chémiu v plynnej fáze, keďže tieto mechanizmy určujú koncentrácie plynných prekursorov sekundárnych organických aerosólov;
- chýbajúce emisie IVOCs (intermediate-volatility organic compounds) a SVOCs (semi-volatile organic compounds) v emisných inventároch slúžiacich k tvorbe vstupných údajov o emisiách do CTM.

V tejto práci sme sa zamerali na skúmanie dopadov zmien zmiernených zdrojov neistôt na koncentrácie organického aerosólu v stredoeurópskom regióne. K tomuto účelu sme vykonali sériu modelových simulácií s využitím modelu CAMx (Comprehensive Air quality Model with Extensions), ktorý sme prepojili offline s modelom WRF (Weather Research and Forecast Model), na stredoeurópskej doméne s horizontálnym rozlíšením 9 km x 9 km pre obdobie rokov 2018 a 2019. Konkrétnejšie, zamerali sa na posúdenie vplyvu zahrnutia odhadov emisií IVOCs a SVOCs na koncentrácie organických aerosólov, a to pri použití dvoch rozdielnych modelových popisov chémie v plynnej fáze (CB6r5 a SAPRC07TC), ako aj dvoch rozdielnych modelových mechanizmov popisujúcich chemické a termodynamické procesy súvisiace s organickými aerosólmi (SOAP a 1,5-D VBS).

Experimenty demonštrujú, že odhady emisií IVOCs a SVOCs majú podstatný vplyv na modelované koncentrácie primárnych (POA) i sekundárnych (SOA) organických aerosólov. Porovnanie modelovaných denných koncentrácií organického uhlíka s meraniami na staniách v Českej republike ukázali, že model je schopný tieto koncentrácie najlepšie reprodukovat' v prípade, kedy je chémiu organických aerosólov riadená pomocou 1,5-D VBS mechanizmu s aktivovanými procesmi oxidácie POA a SOA zo všetkých antropogénnych ako aj biogénnych zdrojov. Tieto porovnanie ďalej ukázali, že model predikuje zmiernené koncentrácie presnejšie počas zimy než v lete, pričom ich presnosť je ovplyvnená polohou staníc.

Kľúčové slová: modelovanie, neistoty, organický aerosól, stredná Európa

Pod'akovanie

Táto práca bola podporená projektom ARAMIS (Air Quality Research Assessment and Monitoring Integrated System) financovaným Technologickou agentúrou Českej republiky (grant č. SS02030031) a projektom SVV 260709 financovaným Univerzitou Karlovou.

Evapotranspiration and climatic irrigation index in Slovakia in 1951–2021

Ingrid DAMBORSKÁ

Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, Comenius University Bratislava, Slovak Republic

e-mail: damborska@fmph.uniba.sk

The changes in air temperature and precipitation in Slovakia, mainly in the first two decades of the 21st century, influence evapotranspiration (E), which is integral to meteorological, hydrological, and biological processes. Evapotranspiration shapes climate variability, trends, and extremes and connects the land with the atmosphere. We focused on the spatial and time distribution of evapotranspiration in 1951–2021 calculated by modified Budyko-Tomlaim method for selected meteorological stations SHMI. This method comes from a joint solution of the energy and water balance equations of the soil surface and the experimentally determined dependence of the evapotranspiration intensity on soil moisture. The input data were air temperature and humidity, cloudiness, number of days with snow cover, and precipitation. The climatic indicator of irrigation (K), which shows the water's necessity to cover maximum evapotranspiration demands, was also evaluated from 1951 to 2021 as $K = E_0 - P$ (differences between potential evapotranspiration and precipitation total for the same season). It is a climatological index used for regionalization of the climate in terms of humidification.

The results confirmed an increase in potential evapotranspiration (E_0) from 1951 to 2021. The annual sums of E_0 calculated by the Budyko-Tomlaim method indicate that an increase in potential evapotranspiration can be seen much more in the south than in the north of Slovakia. This increase is caused mainly by global warming impacts and partly by decreased relative humidity, especially in the south. Actual evapotranspiration (E), which depends on soil moisture, mainly showed a decrease in the observed period. However, there is a significant increase in the mountains where potential evapotranspiration increased, and there is also enough precipitation to evaporate.

Based on model calculations of potential evapotranspiration, we determined the climatic irrigation index K to analyse irrigation conditions and drought risk in Slovakia from 1951 to 2021. The results show a slightly increasing linear trend in irrigation indicators. Negative values of K occur throughout the year in the mountainous area and the whole of Slovakia during the winter.

The evapotranspiration calculated by the Budyko-Tomlaim method can be successfully used to prepare studies on the impacts of and the vulnerability to climate change in different sectors. The information about spatial and time distribution of evapotranspiration is of great importance in theoretical and practical problems of agriculture, forest management, or forming and protection of the environment. The climatic irrigation index is a crucial factor for effective irrigation planning and efficient water resource management.

Key words: potential evapotranspiration, actual evapotranspiration, Budyko-Tomlaim method, climatic irrigation indicator

Acknowledgements

This study is one of results of solving the Project APVV: DS-FR-22-0017: “Extreme droughts and their impact on agriculture in selected continental climates of Europe” (Multilateral Call for Scientific And Technological Cooperation In the Danube Region - 2022).

The Slovak Hydrometeorological Institute monthly climatological data have been also used in this study.

Author thanks for the support.

Automatic detection of overshooting tops and their properties using Neural Networks

Anežka Doležalová¹, Jakub Seidl², Jindřich Št'ástka², Ján Kaňák³

¹ Charles University, Department of Atmospheric Physics – anezka.dolezalova@mff.cuni.cz

² Czech Hydrometeorological Institute

³ Slovak Hydrometeorological Institute

Convective systems are undergoing significant changes due to climate change, with both their frequency and intensity increasing. As storms become more severe, understanding their behavior is crucial for improving forecasts and minimizing damage. One of the key indicators of storm severity is the presence of **overshooting tops (OTs)** - convective cloud features that extend above the storm anvil. These structures are associated with strong updrafts and extreme weather phenomena such as large hail, intense rainfall, and tornadoes.

In this study, we present an **automated OT detection algorithm** based on **convolutional neural networks (CNNs)**, utilizing data from the **Meteosat Second Generation (MSG) satellite**. This algorithm not only identifies OTs but also estimates their height, an important parameter for assessing storm intensity. The model was developed and tested using an extensive database of approximately **10,000 manually identified OTs over Europe**, detected from high-resolution visible (HRV) satellite imagery. OT heights were manually measured based on their shadow length, providing a valuable dataset for training and validation.

Traditional OT detection methods rely primarily on thermal infrared (IR) data, particularly the **10.8 μm channel**, where OTs appear as distinct cold anomalies against the surrounding storm anvil. While effective, these methods have limitations, particularly in distinguishing true OTs from other cold cloud-top structures. Our approach enhances detection accuracy by integrating information from visible channels, leveraging the **OT shadow measurements** from the training database to refine height estimations. This allows for a more robust classification of OTs, reducing false detections and improving overall model reliability.

The results demonstrate that deep learning can significantly enhance OT detection, providing a more **accurate, automated** tool for convective storm monitoring. This approach represents a major advancement in remote sensing applications for meteorology, offering improved insights into storm structure and development. By refining OT detection and height estimation, our method contributes to better storm forecasting, early warning systems, and climate impact studies. Given the increasing frequency of extreme weather events, such tools are essential for mitigating risks and improving preparedness in vulnerable regions.

Our findings highlight the potential of AI-driven methods in atmospheric science and set the stage for further research into the role of OTs in storm severity, allowing for more precise analysis of convective systems in a changing climate.

Keywords: convective storm, overshooting top, satellite, machine learning, neural network

Acknowledgment

Computational resources were provided by the e-INFRA CZ project (ID:90254), supported by the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic, and the Department of Atmospheric Physics, CUNI.

Vplyv derivačných malých vodných elektrární na parametre kvality vody v kontexte klimatickej zmeny

Branislav Endel^{1,2}, Igor Kokavec¹, Tomáš Navara¹, Tomáš Lánczos³

¹ Ústav zoológie, Slovenská akadémia vied, Dúbravská cesta 9, 845 06 Bratislava; email: igor.kokavec@savba.sk

² Katedra environmentálnej ekológie a manažmentu krajiny, Univerzita Komenského, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava

³ Katedra geochemie, Univerzita Komenského, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava

Analogický model pre štúdium dopadov klimatickej zmeny na ekosystémy tečúcich vôd môžu predstavovať derivačné malé vodné elektrárne (MVE). V súvislosti so zmenou klímy sú vodné ekosystémy ohrozené predovšetkým poklesom prietoku a zmenou fyzikálno-chemických ukazovateľov vody. Takéto podmienky sú simulované v derivovanom koryte MVE. Prehradené vodné toky v podhorskej zóne sú pomerne chránené od ďalších negatívnych vplyvov človeka, a preto poskytujú vhodné prostredie pre experimentálne štúdium dôsledkov klimatickej zmeny na spoločenstvá makrozoobentosu in situ. Cieľom tejto štúdie bolo vyhodnotiť a zovšeobecniť zmenu vybraných fyzikálno-chemických parametrov v úsekoch vodných tokov s fungujúcou MVE derivačného typu. Pre tento cieľ boli v skúmanom profile toku zvolené tri odberné miesta: 1. nad zdržou MVE v dostatočnej vzdialenosti od možného vplyvu samotnej zdrže, 2. v pôvodnom koryte, kde dochádza k derivácii vody, 3. pod sútokom pôvodného koryta a derivačného kanála. Umelo vytvorené koryto, ktoré privádza vodu do samotnej MVE, ako aj zdrž, neboli zahrnuté do výskumu. Analyzovaných bolo 11 kvalitatívnych ukazovateľov – teplota vody, merná vodivosť, merný odpor, reakcia vody, biochemická spotreba kyslíka, množstvo rozpustených pevných látok, salinita, oxidačno-redukčný potenciál, koncentrácia dusičnanov, fosforečnanov a amoniaku. Ukazovatele boli na lokalitách merané trikrát v roku, v jarnej, letnej a jesennej sezóne. V prvom kroku sme pomocou zovšeobecneného lineárneho zmiešaného modelu testovali rozdiely medzi odbernými miestami 1, 2 a 3. Štatisticky významný rozdiel bol zaznamenaný v prípade mernej vodivosti, merného odporu a celkového množstva rozpustených pevných látok, čo sú navzájom úzko korelované parametre, a to len medzi odberným miestom 1 a 2. Na odbernom mieste 2, teda v pôvodnom derivovanom koryte nadobúdajú uvedené ukazovatele významne vyššie hodnoty ako na odbernom mieste 1. Hierarchickou klastrovou analýzou s následnou PCA ordináciou sme analyzovali podobnosť skúmaných lokalít s identifikáciou ukazovateľov, ktoré vysvetľujú podstatnú časť variability. Lokality sa rozdelili pozdĺž prvej osi reprezentujúcej stúpajúci gradient vodivosti, reakcie vody, množstva rozpustných látok a klesajúci gradient odporu. Variabilitu pozdĺž druhej osi vysvetľoval najlepšie stúpajúci gradient fosforečnanov, teploty vody, biochemickej spotreby kyslíka a amoniaku. Lokality boli rozdelené na tri klastre na základe variability v gradiente prvej aj druhej osi, pričom vo väčšine prípadov bola zachovaná príslušnosť všetkých troch odberných miest jednej MVE v rámci toho istého klastra. Predpokladáme, že to môže mať súvis s geológiou podložia, ktorá ovplyvňuje najmä vodivosť, pH a alkalitu. Na základe výsledkov fyzikálno-chemických ukazovateľov medzi jednotlivými lokalitami (MVE), ako aj v rámci odberných miest možno očakávať zmeny v druhovej diverzite, taxonomických a funkčných vlastnostiach spoločenstiev vodných bezstavovcov, čomu sa budeme venovať v nasledujúcom výskume.

Kľúčové slová: podhorský tok, kvalita vody, diskontinuum, klíma, simulácia

PodĎakovanie

Tento príspevok vznikol s podporou projektu VEGA 2/0041/24.

Obdobie jeseň 2023 – leto 2024: extrémne teplé ročné obdobia na Slovensku

Pavel Faško¹, Jozef Pecho¹, Gabriela Ivaňáková¹, Peter Kajaba¹, Jozef Rozkošný¹

¹ Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, gabriela.ivanakova@shmu.sk

Predkladaný príspevok je zameraný na analýzu extrémnych poveternostných a klimatických anomálií na Slovensku v rokoch 2023 a 2024, konkrétne v období od jesene 2023 do konca leta 2024, pričom všetky uvedené sezóny boli extrémne teplé. Slovensko, ako súčasť regiónu strednej Európy, sa otepľuje rýchlejšie než globálny priemer, s nárastom priemernej ročnej teploty o viac ako 2 °C v porovnaní s predindustriálnym obdobím. Táto skutočnosť sa v posledných rokoch prejavuje zvýšeným výskytom extrémnych prejavov počasia, ako sú horúčavy, suchá, povodne a intenzívne privalové zrážky, ktoré majú závažné dôsledky na ekosystémy, biodiverzitu a kvalitu života obyvateľov. Jeseň 2023 bola charakteristická rekordne vysokými teplotami a výraznými teplotnými výkyvmi. Zatiaľ čo teploty dosahovali v septembri tropických 33,2 °C, v novembri klesli až na -20,0 °C, čo viedlo k významnému posunu niektorých fenologických fáz do neskorších termínov, napríklad k oneskorenému žltnutiu a začiatku opadu listov rôznych druhov drevín. Na niektorých miestach boli zaznamenané rekordné výšky snehovej pokrývky pre mesiac november. Zima 2023/2024 patrila medzi extrémne teplé zimy, pričom významne k tomu prispel najmä február 2024, ktorý sa stal najteplejším zimným mesiacom v histórii meteorologických meraní na Slovensku. Priemerná teplota vzduchu v Hurbanove dosiahla 9,1 °C, čo je hodnota typická skôr pre jarne obdobie. Teplotný charakter zimy viedol k výraznému nedostatku snehovej pokrývky v nižších polohách, avšak na vysokohorských meteorologických stanicích, ako Chopok či Lomnický štít, boli zaznamenané rekordné výšky celkovej snehovej pokrývky. Extrémne teplé počasie na prelome zimy a jari 2024 spôsobilo urýchlenie nástupu fenologických fáz vegetácie o 2–4 týždne oproti normálu (1991–2020). Tento skorý nástup vegetačných fáz zvýšil riziko poškodenia poľnohospodárskych plodín mrazmi, čo sa prejavilo najmä na ovocných druhoch, ako sú marhule či čerešne, ktoré utrpeli významné škody v dôsledku neskorých marcových mrazov. Veľmi pozoruhodné bolo napríklad aj to, že v období od 17.5.2024 do 10.6.2024 (neprerušená séria 25 dní) sa každý deň aspoň niekde na Slovensku vyskytla búrka. Leto 2024 bolo najteplejšie v histórii meteorologických meraní na Slovensku, s priemernou teplotou 20,7 °C, čo predstavuje významný posun oproti predchádzajúcim rekordom. Charakteristické bolo výrazné sucha a priestorovo aj časovo premenlivé zrážky, ktoré síce v niektorých lokalitách dosahovali pozoruhodne vysoké hodnoty (napr. maximálny denný úhrn zrážok 130,8 mm v Černíku), no celkovo prispeli skôr k zhoršeniu sucha a jeho negatívnym dôsledkom na lesné ekosystémy, vrátane letného opadania listov stromov, ako sú buky a duby. Výrazne skoré obdobie dozrievania plodín a ich predčasný opad naznačuje, že zmena klímy môže v podmienkach extrémneho počasia zásadne destabilizovať poľnohospodársku produkciu v regióne. Obdobie od jesene 2023 do konca leta 2024 je dobrým príkladom toho, ako kombinácia extrémne teplých období, narušených fenologických cyklov a častejších extrémnych prejavov počasia prehĺbuje a zhoršuje dôsledky zmeny klímy v regióne strednej Európy. Tieto dopady sa neobmedzujú len na priame klimatické ukazovatele, ale zasahujú aj biodiverzitu, vodné zdroje, poľnohospodárstvo a kvalitu života. V tomto kontexte autori zdôrazňujú potrebu a nesmierny význam systematického sledovania a hodnotenia klimatických trendov a ich vplyvu na jednotlivé sektory spoločnosti a hospodárstva.

Kľúčové slová: zmena klímy, Slovensko, extrémne počasie, ročné obdobie, fenológia, teplotné rekordy

PodĎakovanie

Tento príspevok bol vytvorený vďaka podpore projektu Clim4Cast (Central European Alliance for Increasing Climate Change Resilience to Combined Consequences of Drought, Heatwave, and Fire Weather through Regionally-Tuned Forecasting; CE0100059), spolufinancovanému zo zdrojov Európskej únie (ERDF – Interreg Central Europe).

Priemyselné sneženie na Slovensku

David Frnda¹, Miroslav Šinger^{1,2}, Tomáš Fedor^{2,3}

¹ Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského, Mlynská dolina F1, 842 48 Bratislava, davidfrnda@gmail.com

² Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15, Bratislava

³ Prírodovedecká fakulta Univerzity Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, Jesenná 5, 040 01 Košice

Priemyselné sneženie je jav vyskytujúci sa na malej priestorovej škále v blízkosti priemyselných oblastí. V nich dochádza k uvoľňovaniu väčšieho množstva teplej vodnej pary a ďalších častíc (môžu plniť funkciu kondenzačných jadier) do nízkej oblačnosti, čo vedie k jej presýteniu a následnej tvorbe zrážok v podobe snehových zŕn alebo ihličiek, pri kladnej teplote v podobe mrholenia. Tieto zrážky sú následne unášané prúdením a vypadávajú niekde v okolí, pričom podmienky sa väčšinou menia len nepatrne, čo môže viesť k výrazným rozdielom v počasí na stovkách, dokonca až desiatkach metrov. Keďže sa jedná o veľmi lokálny jav, informácie zo staníc nie sú postačujúce, preto je pre podrobnejšiu analýzu nutné zbierať informácie z médií, od náhodných pozorovateľov alebo z terénneho prieskumu. Významnosť tohto javu narastá v aglomeráciách alebo dôležitých dopravných uzloch, prípadne na letiskách. Preto je pre predpovednú prax, ale aj numerické modelovanie, dôležité poznať poveternostné podmienky a základnú klimatológiu javu.

V našom príspevku sme analyzovali dva prípady z Bratislavy a Košíc počas zimy 2024/2025. Košické letisko je z hľadiska polohy významnou lokalitou, pretože disponuje profesionálnou stanicou s dlhodobým radom pozorovaní a podľa doterajších pozorovaní sa často nachádzalo v spáde priemyselného sneženia. Podľa predbežnej analýzy je výskyt priemyselného sneženia v Košiciach pomerne častý, čo je jednou z hlavných motivácií venovania sa tejto téme. Na základe získaných údajov sa nám podarilo v Košiciach podrobne zmapovať a odhadnúť výskyt a výšku snehovej pokrývky spôsobenej priemyselným snežením v dňoch 30.1.2024 - 2.1.2025. Maximum výšky snehovej pokrývky dosiahlo 32 cm a výrazne rozdiely v nej sme mohli pozorovať aj v rámci susedných ulíc. Priemyselné sneženie sa v tomto období vyskytlo aj v Bratislave, no pre analýzu sme zvolili prípad z 20.1.2025 vďaka lepšiemu podchytieniu situácie, ako aj z dôvodu výraznej vzdialenosti dopadu snehu od zdroja. Podľa predbežných odhadov sú prípady z Bratislavy menej časté a ich podchytenie býva náročnejšie. Následne sme ukázali, že priemyselné sneženie sa môže vyskytnúť takmer v každej priemyselnej oblasti na Slovensku.

Kľúčové slová: priemyselné sneženie, priestorová analýza, Bratislava, Košice

Veľkonočná epizóda prenosu saharského prachu v roku 2024

Peter Hrabčák¹, Dušan Štefánik¹, Jana Matejovičová¹

¹ Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava
*jana.matejovicova@shmu.sk

Vplyv klimatickej zmeny sa prejavuje nielen v zvýšenom výskyte extrémnych meteorologických javov, ale aj v častejšom výskyte epizód prenosu prírodného prachu. V našich podmienkach ide najmä o saharský prach, boli však namerané aj zvýšené hodnoty koncentrácií prachových častíc, na ktorých sa podieľal prenos prachu od Kaspického mora, z Arabského polostrova, či zo suchých oblastí Maďarska, atď. Epizóda, ktorú sme zaznamenali na prelome marca a apríla 2024, vrcholila na Veľkonočný pondelok 1.4.2024 a bola výnimočná svojou intenzitou. Priemerné denné koncentrácie PM₁₀ (prachové častice s aerodynamickým priemerom do 10 μm) dosiahli počas epizódy maximálne hodnoty z roku 2024 na 47 z 48 staníc, ktoré monitorujú PM₁₀ (v monitorovacej sieti, ktorú spravuje SHMÚ). Priemerné hodinové koncentrácie na 7 staniaciach prekročili 200 μg/m³ (priemerná ročná koncentrácie nepresahuje 40 μg/m³). Hoci príspevok saharského prachu bol neobvykle vysoký, je potrebné mať na mysli, že bol prítomný aj vplyv regionálneho pozadia a lokálnych zdrojov, ako je vykurovanie domácností a priemysel. Cieľom príspevku je pokus o kvantifikáciu podielu saharského prachu na nameraných koncentráciách PM₁₀, boli navrhnuté 4 metódy a ich výstupy boli porovnané pre 1. apríla 2024. Prvá metóda je založená na predpovedi modelu CAMS opravenej o modelový bias. Druhá metóda je založená na porovnaní nameraných koncentrácií PM₁₀ počas výskytu prašnej epizódy a v dňoch pred a po epizóde (dni s epizódou boli vybrané ako dni kedy). Ďalšie dve metódy sú založené na zmene pomeru koncentrácie PM_{2,5}/PM₁₀ počas prašnej epizódy. Všetky štyri tieto metódy poskytujú podobné výsledky. Medián príspevku saharského prachu na monitorovacích staniaciach podľa jednotlivých metód bol v intervale 94 μg/m³ – 109 μg/m³.

Kľúčové slová: saharský prach, monitorovanie kvality ovzdušia, COPERNICUS

Literatúra

PodĎakovanie

Príspevok vznikol za podpory projektu [CAMS National Collaboration Programme – Slovakia](#)

Povodně v září 2024 na pozadí měnícího se klimatu

Alena Kamínková¹, Jarmila Šustková¹, Veronika Šustková¹

¹ Český hydrometeorologický ústav, K Myslivně 3/2182, 708 00, Ostrava-Poruba, alena.kaminkova@chmi.cz

Po povodních v září roku 2024, které postihly velkou část střední Evropy, se nabízel otázka, jak měnící se klima zvyšuje pravděpodobnost výskytu nebezpečných povodňových situací ve střední Evropě. Rozsáhlá zpráva [1], na které se podíleli také odborníci z Českého hydrometeorologického ústavu, ukázala, že vlivem měnícího se klimatu se musíme připravit na možnost čtenějšího výskytu silných srážek a následných povodní.

Významná povodňová epizoda, která v září roku 2024 postihla také velkou část České republiky, se řadí mezi jednu z největších událostí posledních let. V některých oblastech svou extremitou předčila i ničivé povodně z roku 1997. Vývoj předpovědních nástrojů během posledních více než dvaceti let a zkušenosti z předchozích významných povodňových událostí, umožnily včasnou předpověď srážek i hydrologického vývoje na tocích a daly tak možnost všem účastníkům povodňové ochrany se na tuto situaci připravit. Realita v některých oblastech však překonala i ty nejpesimističtější odhady.

Předkládaný poster tuto povodňovou situaci ukazuje z pohledu Českého hydrometeorologického ústavu, jako orgánu veřejné hydrometeorologické služby podle zákona č. 262/2024 Sb. [2]. Jsou zde ukázány hlavní aspekty povodně, a to jak z hlediska situace před povodňovou epizodou, tak z hlediska vyhodnocení srážkových úhrnů, spolu se srovnáním s povodněmi v červenci 1997, a ukázkou extremity srážkových úhrnů v nejpostiženější oblasti, Jesenicka. O extremitě povodní v září 2024 svědčí i fakt, že při této epizodě byl překonán dlouholetý denní srážkový rekord. Na stanici Švýcárna byl zaznamenán denní úhrn srážek 385,6 mm.

V neposlední řadě jsou zde ukázány hydrologické předpovědi na vybraných profilech, a to i pravděpodobnostní předpovědi zahrnující nejistotu srážkových vstupů. Právě vysvětlování nejistot a limitů, nejen hydrologických předpovědí, se ukázalo jako jeden z úkolů do budoucna.

Tak, jako docházelo ke zlepšení předpovědních nástrojů a dalších činností předpovědní služby po povodních v roce 1997 nebo 2002, tak i tato povodeň nám může ukázat další směry vývoje a možnosti zlepšení. Jednou z oblastí je např. prezentace, komunikace a schopnosti interpretace informací povodňovým orgánům a veřejnosti.

[1] Kimutai, J. et al. (2024) Climate change and high exposure increased costs and disruption to lives and livelihoods from flooding associated with exceptionally heavy rainfall in Central Europe [online] DOI 10.25561/114694.

[2] Zákon o veřejné hydrometeorologické službě č. 262/2024 Sb.

Klíčové slová: Povodně 2024 – extrémy – ČHMÚ – předpovědní služba

Pod'akovanie

Tento příspěvek vznikl s podporou TA ČR, projektu SS02030040 „Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku (PERUN)“ a v rámci institucionální podpory Dlouhodobé koncepce rozvoje výzkumné organizace na období 2023–2027.

Dlhodobý vývoj základných parametrov kvality vody v neregulovaných a prehradených vodných tokoch Slovenska

Igor Kokavec¹, Ivan Bartík²

¹ Ústav zoológie, Slovenská akadémia vied, Dúbravská cesta 9, SK-84506 Bratislava, email: igor.kokavec@savba.sk

² Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava 37, Slovenská republika

Hodnotenie antropogénnych a klimatických vplyvov analýzou dlhodobých environmentálnych zmien v ekosystémoch tečúcich vôd je dôležité pre identifikáciu miery negatívnej disturbancie a má implikácie pre budúci manažment. Na Slovensku viedla intenzifikácia poľnohospodárskej a priemyselnej činnosti a urbanizácie v okolí vodných tokov v minulosti k ich rozsiahlemu znečisťovaniu. V súčasnosti je znečisťovanie minimalizované aj vďaka prijatiu Rámcovej smernici o vode v roku 2000. Napriek tomu stále dochádza k zhoršovaniu ekologického stavu vôd a homogenizácii spoločenstiev vodných bezstavovcov naprieč pozdĺžneho gradientu tokov. Zhoršenie kvality biotopov je spôsobované zlým hydromorfologickým stavom a vzrastom teploty vody a poklesom prietoku ako merateľnými dôsledkami zmeny klímy najmä v karpatskom ekoregiónu. A práve v karpatskej oblasti Slovenska bola postavená väčšina vodných elektrární, ktorých efekt na biotické a abiotické parametre je z dlhodobého hľadiska málo preskúmaný. Zámerom tejto štúdie je demonštrovať dlhodobé trendy vybraných fyzikálno-chemických vlastností vody s cieľom posúdiť vplyvy rôznych typov priečných hydroenergetických bariér na tento trend. Lokality boli zvolené tak, aby časový rad bol čo najkompletnejší, začínal najneskôr v roku 1971 a reflektoval rôzny spôsob narušenia kontinuity vodných tokov. Preto sme zvolili tri kategórie lokalít. V referenčnej kategórii, teda lokalitách situovaných v neprehradených tokoch pod relatívne nenarušeným biotopom, bolo zvolených 5 lokalít. V kategórii tokov ovplyvnených malými vodnými elektrárňami bolo zvolených 5 lokalít, kde došlo v priebehu monitorovania k výstavbe malej vodnej elektrárne nad miestom merania s časovým radom pokrývajúcim aspoň 20 rokov pred a po uvedení do prevádzky. Poslednou kategóriou boli veľké vodné elektrárne situované v rieke Váh, kde sa lokality merania nachádzali nad aj pod zdržami elektrární, aby bolo možné identifikovať vplyv prevádzky každej elektrárne. Trendy v referenčnej kategórii poukazujú na kontinuálny nárast reakcie vody (pH), zatiaľ čo biochemická spotreba kyslíka sa za posledných 50 rokov znížila. V kategórii tokov ovplyvnených malými vodnými elektrárňami vzrástlo z dlhodobého hľadiska pH a koncentrácia rozpusteného kyslíka, zatiaľ čo elektrická vodivosť sa časom znížila. Je tiež zrejmé, že vývoj trendovej čiary pri pH a mernej vodivosti vody bol ovplyvnený výstavbou a prevádzkou malých vodných elektrární. Trendové čiary kategórie tokov ovplyvnených veľkými vodnými elektrárňami vykazovali v priebehu času strmší nárast pH, vodivosti a rozpusteného kyslíka. Pre každú kategóriu majú trendové čiary znázorňujúce vývoj koncentrácií živín (amoniakový a dusičnanový dusík) parabolický tvar, keďže ich koncentrácie vrcholili v 90. rokoch a potom začali klesať. Nakoľko na tokoch na Slovensku je často pozorovaný dlhodobý nárast pH vody, je potrebné venovať tomuto javu väčšiu pozornosť z hľadiska klimatických zmien a ochrany pôvodnej biodiverzity.

Kľúčové slová: vodná elektrárňa, dlhodobý trend, fyzikálno-chemické ukazovatele, pozdĺžne diskontinuum, hydromorfologické vplyvy

PodĎakovanie

Tento príspevok vznikol s podporou projektov VEGA 2/0041/24 a 2/0087/25.

Influence of selected meteorological factors on the development of varroasis in honey bees

Eubomír Korený¹, Michaela Korená Hillayová^{1*}, Peter Borsányi³, Jaroslav Škvarenina^{1,2}

¹ Department of Natural Environment, Faculty of Forestry, Technical University in Zvolen, T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen, Slovak Republic.

^{1*} Department of Natural Environment, Faculty of Forestry, Technical University in Zvolen, T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen, Slovak Republic, e-mail: michaela.hillayova@tuzvo.sk

² Ústav vied o Zemi SAV, v.v.i., Dúbravská cesta 9, Bratislava, SK-84005, Slovak Republic.

³ Slovak Hydrometeorological Institute, Zelená 5, Banská Bystrica, SK 97404, Slovak Republic.

Disease varroosis (caused by the overgrowth of the parasite *V. destructor*) is currently the most serious global problem in the field of honeybee survival. This study investigated the impact of local environmental factors on *Varroa destructor* mite infestation in honey bee (*Apis mellifera carnica*) colonies. The research explored the relationship between natural mite fall and biotic factors (bee queen line – Singer and Sklenár) and abiotic factors (daily maximum, minimum, average temperature and relative humidity, and hive location – open space vs. Apihouse). Four bee colonies were established, two with Singer queens and two with Sklenár queens, with two hives of each line located in the open and two in the Apihouse. Mites falling onto oiled monitoring boards were counted. Meteorological data (temperature and humidity) were collected every 5 minutes using an automatic meteorological station. Statistical analyses, including correlation/regression analysis and Mann-Whitney U tests, were performed to assess the relationships between mite fall and the measured factors. Results revealed a significant temperature dependence of *Varroa* mite fall. Increased mite fall was observed when daily maximum temperatures ranged from 25.1 to 31.7°C and minimum temperatures were above 5.5°C. The highest mite fall occurred in open-air hives when temperatures increased between 13.9 and 28.7°C and humidity decreased between 47.2 and 22.7%. Overall, mite falls in the open-air hives were 46.57% higher than in the Apihouse hives, indicating that hive location significantly affected mite fall. The Sklenár bee line exhibited a 26.27% higher mite fall than the Singer line, suggesting a role for bee line characteristics in mite infestation levels. All colonies were treated with a natural veterinary product (wormwood, thyme, and mint oils) when natural mite fall exceeded three mites, and all colonies survived the winter. This study demonstrates the combined influence of temperature, humidity, hive location, and bee line on *V. destructor* infestation, providing valuable insights for beekeepers in developing effective and environmentally friendly management strategies for varroosis.

Keywords: air temperature, Apihouse, honey bee line, natural mite fall, relative humidity, *Varroa destructor*.

Acknowledgment

Funded by the EU NextGenerationEU through the Recovery and Resilience Plan for Slovakia under the project No. 09I03-03-V04-00380 and the Scientific Grant Agency of The Ministry of Education, Science, Research and Sport in Slovakia by project VEGA 1/0443/23 and VEGA 1/0562/24.

EURO-CORDEX driving CMIP5 models' simulation of the large-scale European climate - a literature review

Nikola Kristeková

Comenius University Bratislava, nikola.kristekova@fmph.uniba.sk

Information about the future climate is necessary for climate change adaptation. Future climate projections are created using climate model simulations. Since different models produce different but plausible simulations of climate, to account for model uncertainty, climate projections should be based on a probabilistic interpretation of an ensemble consisting of multiple model simulations.

For regional climate projections in Europe, EURO-CORDEX provides high resolution regional climate model simulations. Over 50 simulations are available from from 10 regional climate models. The EURO-CORDEX regional models are driven by six of CMIP5 global models: CNRM-CM5, EC-EARTH, HadGEM2-ES, IPSL-CM5A-MR, MPI-ESM-LR and NorESM1-M.

Many research articles have compared the ability of individual CMIP5 models to simulate different aspects of the large-scale European climate, such as geopotential, upper layer wind and sea level pressure fields, storm tracks, blocking, NAO, ocean circulation, and also surface temperature and precipitation fields. The results of this research pertaining to the six EURO-CORDEX driving CMIP5 models are relevant to the choice of EURO-CORDEX simulations (or simulation weights) to be used for probabilistic ensemble projections. With the aim to ease the access to this information, this review provides a summary of findings from 27 research articles. The summary also includes basic information about the six CMIP5 models, such as their effective climate sensitivity and model complexity.

The review shows that two of the six considered CMIP5 models (IPSL-CM5A-MR and NorESM1-M) show relatively poor performance of most evaluated large-scale climate features compared to the rest of the models. The same claim cannot be made based only on research articles evaluating the models by comparing observed and simulated surface temperature and precipitation fields. As model evaluation involving only surface variables is common practice for regional climate projection purposes, this review may provide valuable additional insight regarding the EURO-CORDEX driving CMIP5 models' ability to simulate large-scale climate features.

Keywords: CMIP5, EURO-CORDEX, model evaluation, large-scale climate, review

Three Decades of Thunderstorm Environments Reflected in the PERUN Reanalysis

Robert Kvak^{1,2}, Petr Zacharov²

¹ Department of Physical Geography and Geoecology, Faculty of Science, Charles University, Prague, Czech Republic; (kvakr@natur.cuni.cz)

² Department of Meteorology, Institute of Atmospheric Physics, Czech Academy of Sciences, Prague, Czech Republic

As part of the PERUN (Prediction, Evaluation, and Research for Understanding National sensitivity and impacts of drought and climate change for Czechia) project, the PERUN reanalysis provides a high-resolution representation of thunderstorm environments across a broad region of Europe over a three-decade period (1990–2021). The dataset is based on the ALADIN model, utilizing boundary conditions from ERA5 and incorporating data assimilation. With a horizontal resolution of 2.3 km and a temporal resolution of one hour, the reanalysis enables a detailed assessment of severe convective storm precursors. The key environmental parameters analyzed include Most Unstable Convective Available Potential Energy (MUCAPE) and 0–6 km vertical wind shear (SHEAR).

The accuracy of the reanalysis was evaluated using sounding observations from the Prague – Libuš station at 1800 UTC (Tab. 1.). The results indicate a strong agreement in MUCAPE values, with 67.4% of the cases successfully reanalyzed. However, 24.6% of the cases exhibited overestimated values, while 8% were underestimated.

Table 1. Contingency table of MUCAPE values (1800 UTC) from the Prague – Libuš sounding measurement (rows) and ALADIN reanalysis (columns).

MUCAPE [J kg ⁻¹]		ALADIN/Reanalysis			
		0–50	50–250	250–1000	≥1000
PRAGUE– LIBUS	0–50	10474	2635	598	26
	50–250	1052	2110	1454	105
	250–1000	99	379	1665	650
	≥1000	7	24	207	693
HIT = 67.4%		OVERESTIMATION = 24.6%		UNDERESTIMATION = 8.0%	

The highest values of MUCAPE in Europe are observed in lowland regions influenced by warm seas and specific topographical features, including the Po Valley, the eastern coast of Italy, and the foothills of the Alps and Pyrenees. In the Czech Republic, elevated MUCAPE values are particularly evident in the Šumava foothills and the pre-Alpine region. Similarly, in Slovakia, the lowlands of Eastern Slovakia and the Lučenec-Košice Depression exhibit frequent storm initiation, reinforcing the role of geographical contrasts in convective storm formation. The combination of high SHEAR and elevated MUCAPE values further emphasizes the presence of favorable conditions for severe convective storms. These regions, which include the Po Valley, the eastern Italian coast, the Šumava foothills, and Eastern Slovakia, exhibit increased storm potential due to local topographic influences.

Future research will extend this analysis using the ALADIN-CLIMATE model, which is nested within the CNRM–ESM2–1 Earth system model. This phase will explore historical simulations from 1900 to 2014 and future projections from 2015 to 2100 under different emission scenarios.

Keywords: severe convective storm environments, ALADIN reanalysis, numerical weather prediction

Acknowledgment

Prediction, Evaluation and Research for Understanding National sensitivity and impacts of drought and climate change for Czechia (PERUN), TAČR SS02030040. This project is co-financed with state support of the Technology Agency Czech Republic as part of the Program Environment for Life.

Aktuálny stav manažmentu sucha, vln horúčav a požiarneho nebezpečenstva na Slovensku

Livia Labudová¹, Katarína Mikulová¹, Gabriela Ivaňáková¹, Ivana Krčová¹

¹ Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, livia.labudova@shmu.sk

Leto 2024 so sebou opäť prinieslo veľmi teplé a suché počasie, ktoré malo za následok aj intenzívne suché obdobie. Vzhľadom na prebiehajúcu zmenu klímy a klimatické scenáre pre oblasť strednej Európy je pravdepodobné, že takýmto situáciám budeme v budúcnosti čeliť stále častejšie. K včasnej pripravenosti na extrémne javy, akými sú sucho, vlny horúčav a požiare v prírodnom prostredí sa snaží prispieť aj Slovenský hydrometeorologický ústav, ktorý sa zapojil do medzinárodného projektu Clim4Cast (Interreg CE), v rámci ktorého sa rieši aj zlepšenie manažmentu sucha, vln horúčav a požiarneho nebezpečenstva na Slovensku. Jedným z výstupov projektu bude aj dokument, ktorý bude zameraný na národnej úrovni na proaktívny prístup k riešeniu sucha, vln horúčav a požiarneho nebezpečenstva. Za týmto účelom boli zorganizované tri odborné konzultácie zamerané na aktuálne zhodnotenie stavu manažmentu jednotlivých nebezpečných javov. Konzultácií sa zúčastnili zástupcovia dotknutých ministerstiev a inštitúcií verejnej správy, sektorových organizácií, výskumných ústavov a univerzít. Výsledky diskusií ukázali, že Slovensko má rozpracovaný manažment uvedených nebezpečných javov v rôznej miere. Najviac rozpracovaný proaktívny prístup má riziko požiarov v prírodnom prostredí. Vďaka jasne definovanému reakčnému mechanizmu, ktorý začína monitoringom požiarneho nebezpečenstva zo strany SHMÚ, sú podnikané preventívne kroky, ktoré v uplynulých rokoch viedli k poklesu požiarov v prírodnom prostredí a to aj napriek poveternostným podmienkam, ktoré výrazne zvyšovali pravdepodobnosť ich výskytu. Napriek tomu boli identifikované kroky, ktoré by výrazne pomohli v prevencii vzniku požiarov a pomohli k včasnému varovaniu obyvateľstva. Manažment sucha je na Slovensku riešený len čiastočne a jeho silnou stránkou je najmä monitoring meteorologického, pôdneho a hydrologického sucha na celom území Slovenska, ktorého pravidelne aktualizované výstupy sú verejne dostupné na webe SHMÚ. Žiaľ, chýba na to nadväzujúci proaktívny mechanizmus, ktorý by systematicky prispieval k znižovaniu negatívnych dopadov sucha namiesto ad-hoc reakciám prevažne vo forme finančných kompenzácií vzniknutých hospodárskych strát. Rovnako ani problematika manažmentu vln horúčav nie je komplexne riešená, preto bolo navrhnutých viacero krokov, ktoré by ich implementáciou zvýšili pripravenosť a včasnú informovanosť obyvateľstva.

Kľúčové slová: sucho, vlny horúčav, požiarne nebezpečenstvo, manažment, Clim4Cast

PodĎakovanie

Tento príspevok bol vytvorený vďaka podpore projektu Clim4Cast (Central European Alliance for Increasing Climate Change Resilience to Combined Consequences of Drought, Heatwave, and Fire Weather through Regionally-Tuned Forecasting; CE0100059), spolufinancovanému zo zdrojov Európskej únie (ERDF – Interreg Central Europe).

Nové predpovedné produkty projektu Clim4Cast

Lívia Labudová¹, Katarína Mikulová¹, Matin Belluš¹, Ivan Špilda², Markéta Poděbradská³,
Miroslav Trnka³

¹ Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, livia.labudova@shmu.sk

² Lesy Slovenskej republiky, š. p., Nám. SNP 8, 975 66 Banská Bystrica

³ Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i., Bělídla 986/4a, 603 00 Brno

V dôsledku prebiehajúcej zmeny klímy sa v strednej Európe očakáva zvýšenie frekvencie, trvanie a intenzity sucha, vln horúčav a požiarného nebezpečenstva. Problematike týchto javov, ktoré priamo ohrozujú človeka aj životné prostredie, sa venuje projekt Clim4Cast, ktorý má jednou z hlavných úloh vytvoriť predpovedný nástroj pre výskyt sucha, vln horúčav a požiarného nebezpečenstva. Ten bude integrovaný do už existujúcich monitorovacích systémov jednotlivých 7 partnerských krajín.

Aktuálne sa nachádzame vo fáze projektu, počas ktorej prebieha testovanie nových produktov monitoringu týchto javov pre územie Slovenska. Testovanie má zabezpečiť informáciu o vhodnosti zvolených klimatických charakteristík a indexov pre operatívny monitoring, kalibráciu a vyladenie ich vizualizácie, aby boli ľahko čitateľné a zrozumiteľné pre užívateľov.

Prvá fáza testovania už prebiehala v lete 2024. Toto obdobie sa ukázalo ako veľmi vhodné na testovanie týchto produktov, nakoľko prevládalo suché a veľmi teplé počasie, ktoré prinieslo so sebou aj zvýšené požiarné nebezpečenstvo a vlny horúčav.

Pre sledovanie vln horúčav bol využitý univerzálny tepelno-klimatický index (Universal Thermal Climate Index - UTCI), ktorý zohľadňuje teplotu vzduchu, relatívnu vlhkosť vzduchu, rýchlosť vetra a fyziologické procesy zdravého človeka. Druhým produktom je index horúčav (Heat Index – HI), ktorý predstavuje zjednodušený prístup k hodnoteniu tepelného komfortu pre človeka, nakoľko medzi vstupné parametre patrí maximálna teplota vzduchu a relatívna vlhkosť vzduchu.

Pre sledovanie požiarného nebezpečenstva boli testované dva produkty – vlhkosť palivového dreva (Fuel Moisture – DFM10H) a index požiarného počasia (Fire Weather Index – FWI). Vlhosť palivového dreva predstavuje percentuálny obsah vlhkosti mŕtveho paliva s priemerom približne 1 - 2,5 cm. Tento typ paliva môže rýchlo reagovať na meniace sa poveternostné podmienky a relatívne ľahko sa zapáliť. Preto vlhosť paliva predstavuje nebezpečenstvo vzniku alebo zapálenia lesného požiaru. Index požiarného počasia (FWI) opisuje vhodnosť meteorologických podmienok najmä pre šírenie potenciálneho požiaru v prírodnom prostredí a je založený na kombinácii meteorologických premenných vrátane rýchlosti vetra. Testovanie týchto nástrojov prebieha vďaka intenzívnej spolupráci s Lesmi SR, š.p., nielen prostredníctvom porovnania s nameranými meteorologickými prvkami SHMÚ, ale aj priamo v teréne prostredníctvom expertného posúdenia lesníkov. V prvej fáze testovania nových produktov vybrali odborní pracovníci Lesov SR, š.p. na dennej operatívnej báze posudzovali, či informácie zobrazované v mapových produktoch projektu Clim4Cast zodpovedajú realite v lokalite ich lesnej správy.

Nové produkty projektu Clim4Cast spracované pre územie Slovenska by mali byť pre verejnosť prístupné na stránke SHMÚ v priebehu tohto roka.

Kľúčové slová: sucho, vlny horúčav, požiarné nebezpečenstvo, Clim4Cast

PodĎakovanie

Tento príspevok bol vytvorený vďaka podpore projektu Clim4Cast (Central European Alliance for Increasing Climate Change Resilience to Combined Consequences of Drought, Heatwave, and Fire Weather through Regionally-Tuned Forecasting; CE0100059), spolufinancovanému zo zdrojov Európskej únie (ERDF – Interreg Central Europe).

Hydrological Regime Shifts in the Carpathian Basin: Assessing Decreasing Minimum Discharges During the Warm Season

Igor Leščesen^{1*}, Pavla Pekárová¹, Pavol Miklánek¹, Zbyňek Bajtek¹, Milan Josić²

¹Institute of Hydrology, Slovak Academy of Sciences, Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava, Slovakia

²Faculty of Sciences, University of Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 2, 21000 Novi Sad, Serbia

*Corresponding author: lescesen@uh.savba.sk

The river systems in the Carpathian Basin are increasingly vulnerable to hydrological changes caused by both climatic and anthropogenic factors. In this study, we analyzed the minimum monthly discharges during the warm period (April to September) at ten hydrological stations on the Danube, Drava, Tisza and Sava rivers from 1931 to 2020. Despite increasing evidence of hydrological changes, trends in warm-period minimum flows in the region have not yet been sufficiently explored. Here we show that minimum flows have continuously decreased at most stations, especially on the Danube and Tisza rivers, where Mann-Kendall tests reveal statistically significant downward trends (p -values < 0.05). The Pettitt tests also show that changes occurred in the middle of the 20th century, particularly in the 1970s and 1980s, marking a shift in the hydrological regime. The results show that the monthly minimum discharges at the most important stations have decreased significantly. On the Danube River Bezdán station, for example, the downward trend shows a slope of $-2.45 \text{ m}^3/\text{s}$ per year, while on the Sava River in Zagreb the slope reaches $-1.78 \text{ m}^3/\text{s}$ per year, reflecting a stronger decline. In contrast, stations such as Senta and Szeged on Tisza River, show remarkable interannual variability, with no significant trends in monthly minimum discharges, but with significant decreases in 5-year moving averages. The Pettitt test identified change points around the 1970s for stations such as Mohács and Nagymaros, on the Danube River indicating a significant shift in flow regimes. Stations such as Donji Miholjac on the Drava show a smaller slope of $-0.32 \text{ m}^3/\text{s}$ per year, which is probably mitigated by regulated flow conditions. Throughout the catchment, the patterns of monthly minimum flows remain consistent, but the magnitude of these flows has decreased, indicating a reduction in base flows of up to 30% at certain locations during the observation period. These findings highlight the increasing vulnerability of river systems in Central and Southeastern Europe to long-term climatic trends, including rising temperatures, reduced summer precipitation, and intensifying evapotranspiration. The widespread reduction in summer low flows underscores the need for enhanced water resource management strategies to address the challenges posed by hydrological extremes, particularly during critical summer months.

Keywords: Minimum Discharge, Carpathian Basin, Trend Analysis, Change Point Detection, Hydrological Regime Shift

Acknowledgment

This research was supported by the "Streamflow Drought Through Time" project funded by the EU NextGenerationEU through the Recovery and Resilience Plan of the Slovak Republic within the framework of project no. 09I03-03-V04-00186.

Zmeny v časových radoch vybraných charakteristík snehovej pokrývky na Slovensku

Ladislav Markovič¹, Pavel Faško¹, Gabriela Ivaňáková¹

¹ Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, ladislav.markovic@shmu.sk

Snehová pokrývka patrí k dôležitým charakteristikám klímy strednej Európy. Z klasických odborných publikácií, najmä staršieho vydania, vyplýva, že v tomto regióne Európy by sa mala snehová pokrývka v zimnej sezóne vytvárať pravidelne, každý rok, aspoň na krátky čas, aj v najteplejších oblastiach. Dôsledkom zmeny klímy je, že už v poslednej dekáde 20. storočia a v doterajšom priebehu 21. storočia, pribúdajú prípady, kedy sa predovšetkým v nížinách, prípadne aj v nízko situovaných kotlinách alebo údoliach Slovenska, snehová pokrývka nevyskytla počas celej zimnej sezóny. Horské pásma Karpát predstavujú v strednej Európe prostredie so špecifickou klímou. V takýchto podmienkach sú ešte stále splnené predpoklady pre každoročný výskyt snehovej pokrývky, pričom v najvyšších vysokohorských polohách Slovenska boli dokonca zaregistrované vzostupné trendy v hodnotách časových radov niektorých charakteristík snehovej pokrývky (napr. na Lomnickom štíte). V nižších nadmorských výškach boli zaznamenané úbytky snehovej pokrývky, ktoré sa prejavujú častejším prerušovaním výskytu snehovej pokrývky, čím sa na väčšine územia Slovenska skracuje výskyt trvalej snehovej pokrývky. V roku 2024 sa na niektorých meteorologických staniách s nízkou nadmorskou výškou nezaznamenal ani jeden deň so snehovou pokrývkou, napr. v Piešťanoch. Ale aj na meteorologických staniách v Malých Karpatoch bol v tomto roku extrémne nízky počet dní so snehovou pokrývkou, napr. v Bratislave na Kolibe (1 deň), na Malom Javorníku (11 dní). Narušená bola stabilita snehovej pokrývky, čo sa následne môže prejavovať v hydrologickom režime riek a môže to byť jednou z príčin pre pravidelnejší a rozsiahlejší výskyt sucha. Nedostatok snehovej pokrývky a neštandardné teplotné podmienky prispievajú k urýchleniu vývoja vegetačných fenologických fáz rastlín. Jarné mrazy, častejšie aj v suchšom prostredí, ich potom môžu ľahšie poškodiť.

Kľúčové slová: snehová pokrývka, zmena klímy, Slovensko, vysokohorské polohy, Karpaty

Scenáre teploty vzduchu, zrážok a vlhkosti vzduchu na Slovensku do konca 21. storočia podľa klimatických modelov MPI a KNMI

Marián Melo¹, Martin Gera¹

¹ Univerzita Komenského v Bratislave, FMFI, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava, melo@fmph.uniba.sk

Na regionálnej úrovni sa venuje veľká pozornosť vyhodnoteniu rôznych meteorologických prvkov a klimatických charakteristík. Vychádza sa pritom z nameraných údajov staničnej siete. Na druhej strane nás taktiež zaujímajú scenáre ich ďalšieho vývoja. Na základe výstupov regionálnych modelov MPI a KNMI budeme v tomto príspevku prezentovať scenáre klimatických zmien pre vybrané stanice na Slovensku do roku 2100. Tieto scenáre sa týkajú teploty vzduchu, úhrnov atmosférických zrážok a relatívnej vlhkosti vzduchu (v dennom kroku). Pozornosť bude venovaná aj singularitám v ročnom chode teploty vzduchu v Hurbanove a trvaniu niektorých významných teplotných období v Hurbanove s priemernou dennou teplotou vzduchu $T \leq 0^\circ\text{C}$, $T \geq 5^\circ\text{C}$, $T \geq 10^\circ\text{C}$, $T \geq 15^\circ\text{C}$, $T \geq 20^\circ\text{C}$, $T \geq 25^\circ\text{C}$ (s použitím 7-dňového klzavého priemeru), a to v 30-ročiach: 1951-1980, 1971-2000 a v 2071-2100. Výsledky ukazujú na otepľujúci charakter klímy na Slovensku, pričom všeobecný nárast vychádza počas celého roka až do konca tohto storočia. Mesačné zrážkové scenáre pre Slovensko vykazujú nárast úhrnov zrážok počas zimy a pokles úhrnov zrážok počas leta. Priemerná ročná relatívna vlhkosť vzduchu v Hurbanove postupne mierne klesá počas 20. a 21. storočia a podľa oboch klimatických scenárov mierny pokles bude pokračovať až do konca 21. storočia. Podobné teplotné singularity v ročnom chode, aké sme tu mali doteraz, by sa podľa scenárov mohli vyskytovať aj na konci tohto storočia, výraznejšie v porovnaní so súčasným stavom sa z nich môže prejavovať najmä vianočné oteplenie na konci roka. Trvanie teplotného obdobia s nízkymi teplotami vzduchu ($T \leq 0^\circ\text{C}$) sa v Hurbanove medzi obdobiami 1951-1980 a 1971-2000 znížil a v budúcnosti (v období 2071-2100) by sa podľa oboch klimatických modelov MPI a KNMI v Hurbanove ani nemal vyskytovať. Na druhej strane v prípade trvania obdobia s vysokými hodnotami teploty vzduchu ($T \geq 15^\circ\text{C}$ a $T \geq 20^\circ\text{C}$) bol zistený významný nárast celkového počtu dní s takýmito teplotami vzduchu. V Hurbanove môžeme dokonca podľa oboch klimatických modelov očakávať na konci tohto storočia výskyt nového obdobia s $T \geq 25^\circ\text{C}$.

Kľúčové slová: scenáre klimatickej zmeny, regionálne klimatické modely, singularity, teplotné obdobia

PodĎakovanie

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja v rámci projektu č. DS-FR-22-0017 a APVV-20-0374. Použité boli údaje z meteorologických staníc SHMÚ Bratislava a výstupy z klimatických modelov MPI a KNMI.

Výskyt smogových situácií pre PM₁₀ na Slovensku v novembri a decembri roku 2024

Veronika Mináriková

Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, Bratislava, veronika.minarikova@shmu.sk

V dôsledku dlhotrvajúcich mimoriadne nepriaznivých rozptylových podmienok, spôsobených teplotnou inverziou sa v mesiaci november, december roku 2024 a január 2025 vyskytlo na monitorovacích staniach NMSKO po celom Slovensku 26 prekročení informačného prahu pre PM₁₀ (12-hodinový kľzavý priemer koncentrácie PM₁₀ >100 ug/m³) a bolo vyhlásených 11 upozornení o smogovej situácii pre PM₁₀. V najväčšom počte lokalít bolo vyhlásených smogových situácií dňa 30. 12. 2024. Po 6 rokoch boli prekročenia zaznamenané aj v oblasti západného Slovenska – v Bratislave, Seredi, Nitre, kde je vykurovanie tuhým palivom málo časté a obvykle býva spolu s nepriaznivými rozptylovými podmienkami príčinou smogových situácií. V minulosti sa naposledy vyskytla smogová situácia v západnej časti Slovenska v mimoriadne chladnom januári 2019 v Trnave a Nitre. V decembri roku 2024 bolo vydaných najviac upozornení o smogovej situácii (8) od začiatku prevádzky webovej aplikácie smogového varovného systému v roku 2017.

Kľúčové slová: PM₁₀, smogová situácia, prekročený informačný prah

Application of the mean ergodicity in regional frequency analysis of rainfall

Milan Onderka^{1*}, Kostiantyn Sokolchuk^{2,3}, Viera Rattayová¹, Jozef Pecho¹

¹ Slovak Hydrometeorological Institute, Jeséniova 17, Bratislava, SK–833 15, Slovakia

² Institute of Hydrology SAS, Dúbravská cesta 9, Bratislava. SK–841 04, Slovakia

³ Institute of Landscape Engineering, Faculty of Horticulture and Landscape Engineering Slovak University of Agriculture in Nitra Tulipánová 7, Nitra, SK– 949 76, Slovakia

**Corresponding author: milan.onderka@shmu.sk*

This study integrates quasi-ergodicity with regional frequency analysis to enhance rainfall frequency estimates for cases when only short or spatially uneven rainfall records are available. Since extreme rainfall events are rare and rainfall observations are often short, extending records at a single site does not necessarily improve frequency estimates. Instead, regional frequency analysis is required, particularly for ungauged locations, to ensure more reliable rainfall frequency estimations. By applying fuzzy clustering alongside the mean ergodic assumption, we provide a methodological framework that enhances estimation accuracy, particularly for regions with short rainfall records. Our findings suggest that treating rainfall maxima as quasi-ergodic series can effectively reduce random errors, improve spatial consistency of regional estimates of rainfall frequencies.

We demonstrate our approach on real-world rainfall data from Slovakia. The Fuzzy C-Means (FCM) clustering was deployed to classify rainfall durations and determine the optimal number of clusters. The Generalized Extreme Value (GEV) distribution was fitted to module coefficients, and Bayesian inference was used to estimate 90% credible intervals, improving the reliability of frequency estimates.

To assess regional homogeneity, we performed analysis of variance (variance of means) across the identified clusters. The results confirmed that clustering effectively reduced variance of means, validating the appropriateness of the selected number of clusters and enhancing the estimates of rainfall frequencies. At the end, depth-duration-frequency (DDF) curves were generated for recurrence intervals from 2 – 1000 years, revealing that credible intervals widen with increasing recurrence intervals. The overlap of credible intervals beyond 50 years suggests that regional frequency analysis is most effective for shorter recurrence intervals, while at higher recurrence intervals, the study region behaves as a single homogeneous unit.

Keywords: mean ergodicity, rainfall extremes, regional frequency analysis, fuzzy c-means

Acknowledgment

This work has been supported by the project no. APVV-23-0332.

Vývoj nástupu a dĺžky trvania fenologickej fázy „prvé listy“ u duba zimného a letného a u buka lesného na Slovensku v rokoch 2000 – 2024

Hana Pavlendová¹, Zora Snopková², Zuzana Sitková¹

¹ Národné lesnícke centrum, sekcia pre vedu s výskum, T. G. Masaryka 22, 960 01 Zvolen,
hana.pavlendova@nlcsk.org

² SHMÚ Bratislava, regionálne stredisko Banská Bystrica, Zelená 5, 974 04 Banská Bystrica

V príspevku porovnávame deň nástupu jarnej fenologickej fázy „prvé listy“ z obdobia rokov 2000 – 2024, a to pre dve skupiny drevín, pre dub zimný a letný (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl., *Quercus robur* L.) a buk lesný (*Fagus sylvatica* L.). Táto fenologická fáza sa v lesníctve považuje za začiatok vegetačného obdobia. Porovnávame stanice s najmenej 95 % všetkých údajov, zvlášť všetky stanice (vrátane lesných) a zvlášť pre lesné stanice.

U fenofázy prvé listy sme u oboch drevín zaznamenali mierne zostupný trend, avšak nie významný. Táto fenologická fáza nastupovala u dreviny dub v priemere od 15.4. do 5.5. trvala v jednotlivých rokoch od 19 do 47 dní. Najskorší nástup tejto fenofázy u duba zaznamenali pozorovatelia dňa 26.3.2014 na lokalite Čebovská Bukovina, najneskorší nástup dňa 21.5.2021 na lokalite Mošovce. U dreviny buk táto fenofáza nastupovala v priemere od 15.4. do 4.5. a trvala v jednotlivých rokoch od 22 do 50 dní. Najskorší nástup tejto fenofázy u buka zaznamenali pozorovatelia dňa 26.3.2014 na lokalite Čebovská Bukovina, najneskorší nástup dňa 24.5.2021 na lokalite Pohronská Polhora.

Pri porovnávaní mediánov dňa nástupu fenofázy prvé listy u drevín dub a buk sme nezaznamenali štatisticky významný rozdiel medzi drevinami. Avšak pri porovnávaní staníc, kde sa súčasne vyskytoval dub i buk sme štatisticky významný rozdiel zaznamenali, u buka nastala fenologická fáza prvé listy v priemere o viac ako 5 dní skôr ako u duba ($\alpha=0,05$).

Nástup jarnej fenologickej fázy je závislý najmä od teploty a tým aj od nadmorskej výšky. Na staniach kde sa vyskytujú súbežne buk s dubom, nastáva fenofáza prvé listy skôr u buka ako u duba. Keďže buk sa prirodzene vyskytuje vo vyšších polohách ako dub, je prirodzené, že pri porovnávaní údajov z nástupu fenofázy prvé listy z celého súboru údajov sa u duba a buka nevyskytli štatisticky významné rozdiely.

Kľúčové slová: fenologická fáza, prvé listy, dub zimný a letný, buk lesný

PodĎakovanie

Príspevok vznikol vďaka podpore projektu *Adaptačný potenciál drevín pri príprave lesov Slovenska na zmenu klímy - TreeAdapt*, financovaného z rozpočtovej kapitoly MPRV SR (prvok 08V0301) a projektu APVV-20-0365.

Návrhové hodnoty 1-, 2- a 5- denných úhrnov zrážok v povodí potoka Vydrice v Bratislave

Pavla Pekárová^{1*}, Ján Pekár², Marián Melo², Jakub Ridzoň³

¹ Ústav hydrologie SAV, v. v. i., Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava, Slovenská republika,
pekarova@uh.savba.sk

² Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava

³ Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava

Počas intenzívnych dažďov v septembri 2024 v strednej Európe si záplavy vyžiadali najmenej osem obetí na životoch. Obete boli z Poľska, Rakúska, Rumunska, Česka i Slovenska. Medzi najviac postihnuté oblasti patrilo Dolné Rakúsko a severná Morava, kde voda zaplavila 70 % územia a zatvorené boli školy aj nemocnice. Septembrové povodne z roku 2024 na slovenských prítokoch rieky Morava sa zaradia na popredné miesto v histórii povodní Slovenska. Aj keď úhrny zrážok na Slovensku nedosiahli katastrofické hodnoty namerané na severnej Morave, aj tak 5-denné úhrny zrážok na stanicích v slovenskej časti povodia Moravy vysoko prekročili doteraz namerané hodnoty. Cieľom predloženej štúdie je: 1. analyzovať dlhodobé ročné a mesačné úhrny zrážok v Bratislave; 2. vyhodnotiť septembrové zrážky v malom ľavostrannom prítoku rieky Dunaj v Bratislave (v povodí potoka Vydrice) a nanovo odhadnúť návrhové hodnoty 1-, 2- a 5- denných zrážok; 3. porovnať hodinové zrážky zo septembrovej povodne s historickými zrážkami z povodne v roku 1997.

Nadmorská výška povodia sa pohybuje od 137 m n.m. (ústie do Dunaja) po 589 m n.m. V blízkosti povodia (obr. 1) sa nachádzajú tri meteorologické stanice: Malý Javorník (584 m n.m.), Bratislava: Koliba (287 m n.m.) a Bratislava: Mlynská dolina (180 m n.m.). Pri štatistickej analýze dlhodobého vývoja dekadných, ročných a mesačných úhrnov boli použité údaje zo stanice Bratislava za obdobie 1857–2024 z databázy HISTALP. Zrážkový úhrn v septembri 2024 (269,8 mm) prekročil o 0,8 mm doterajší najvyšší úhrn z mája 1880 (269 mm).

V druhej časti sme na základe aktualizovaných radov denných úhrnov zrážok odhadli N -ročné hodnoty 1-, 2- a 5- denných úhrnov zrážok v uvedených troch stanicích. Pri odhade N -ročných hodnôt 1-, 2- a 5- denných úhrnov zrážok bolo vybrané log-Pearsonovo rozdelenie tretieho typu. Päť-denné zrážky na povodie Vydrice počas septembrovej povodne z tohto roku dosiahli hodnoty na úrovni od 50- do 200-ročného úhrnu.

V poslednej časti sme sa zamerali na porovnanie zrážok z júlovej povodne v roku 1997 so zrážkami zo septembra 2024. V roku 1997 za 8 dní od 4. 7. na povodie Vydrice po Č. Most spadlo 189,2 mm zrážok. V roku 2024 za 8 dní od 11. 9. 2024 na povodie Vydrice po Č. Most spadlo v priemere 234,6 mm zrážok. Extrémne (prívalové) zrážky v skorých ranných hodinách 15. 9. 2024 spôsobili vybreženie potoka Vydrice predovšetkým v oblasti Partizánskej lúky a Zoologickej záhrady.

Kľúčové slová: N -ročné 1-, 2- a 5- denné úhrny zrážok, povodie potoka Vydrice

PodĎakovanie

Tento príspevok vznikol s podporou projektu APVV-20-0374 „Regionálna detekcia, atribúcia a projekcia dopadov variability klímy a klimatickej zmeny na režim odtoku na Slovensku“ DETECTIVES ÚH SAV, v. v. i., STU v Bratislave - Stavebnej fakulty, UK v Bratislave - Fakulty matematiky, fyziky a informatiky a Slovenského hydrometeorologického ústavu v Bratislave.

Tracking Extreme Weather in a Changing Climate: The Role of Remote Sensing and Data Assimilation in ALADIN

Martin Petrovič^{1,2,*}

¹ Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, Comenius University, Mlynská dolina F1, 842 48 Bratislava

² Slovak Hydrometeorological Institute, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava

*petrovic48@uniba.sk

Remote sensing plays a crucial role in numerical weather prediction (NWP), offering comprehensive atmospheric data that enhance forecast accuracy. Satellite observations provide radiance measurements, while radar systems capture high-resolution atmospheric dynamics. The integration of these data into the model ALADIN, requires advanced assimilation techniques.

SEVIRI radiances from Meteosat Second Generation (MSG) satellites provide valuable measurements, from infrared and visible spectrum, for atmospheric analysis. In the ALADIN model, their assimilation was performed using the 3D-Var method combined with Variational Bias Correction (VarBC). A crucial aspect of this process was the initialization of bias correction coefficients. For this study, Coldstart (starting with zero coefficients and allowing continual update of them) was used, requiring an initial "warm-up" phase before effective bias correction could be applied. VarBC was implemented with daily cycling scheme, dynamically adjusting the weighting coefficients to correct systematic errors. This approach improved the alignment between SEVIRI radiances and the model's background field, leading to more accurate initial conditions for extreme weather forecasts. The case study (September 11–15, 2024) demonstrated that incorporating SEVIRI data reduced observation departures, suggesting enhanced forecast performance.

Radar observations provide high-resolution wind measurements, which are essential for capturing convective processes and improving short-term forecasts. In this study, Doppler radar radial wind data were assimilated into the ALADIN model using 3D-Var method. The HOOFF v1.9 tool was used for homogenization. Preprocessing involved spatial filtering and subsampling to eliminate noise and spurious data points. A key challenge in radar data assimilation is handling aliasing and observation errors. The first-guess departures followed a Gaussian distribution up to 5–6 m/s. However, non-Gaussian tails emerged at higher values, potentially degrading forecast accuracy. This suggests that the impact of radial wind assimilation depends on careful thresholding techniques and dealiasing methods. Future improvements should focus on refining Nyquist velocity handling and optimizing thinning strategies to maximize the benefits of radar observations.

Using satellite and radar observations into model ALADIN, strengthens extreme weather prediction capabilities. As climate change increases the frequency and the "power" of severe meteorological events, enhancing remote sensing assimilation techniques will be vital for more accurate forecasting and early warning systems. Future research should focus on refining bias correction methods, optimizing initialization strategies for VarBC, and improving the handling of non-Gaussian data departures and data dealiasing in radar assimilation.

Keywords: Numeric weather prediction, data assimilation, satellite and radar observations, extreme weather, changing climate

Acknowledgment

The author would like to thank Martin Gera, Mária Derková and her colleagues from SHMI for their valuable insights and for providing access to the program environment on the supercomputer. I would also like to express my gratitude to Alena Trojáková and also her colleagues from the Czech Hydrometeorological Institute, under the auspices of RC LACE.

Flight activity of spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) in Central Slovakia during spring season 2024

Rozkošný, J.¹ - Holec, J.¹ - Špilda, I.² - Hanula, I.²

¹ Slovak hydrometeorological institute, Jeséniová 17, 833 15 Bratislava
email: jozef.rozkosny@shmu.sk

²Forests of The Slovak Republic Námestie SNP 8, 975 66 Banská Bystrica

The spruce beetle (*Ips typographus* L.) is the most important underbark pest of spruce. An increasing population of this pest has been recorded over the long term, resulting in high damage to forest stands (over 2,000,000 m³ of infested wood mass in 2023). According to the Green Report, the share of spruce stands in 2023 was only 21.1 %, down significantly from 26 % in 1970, while spruce remains the most abundant coniferous tree species in Slovakia. One of the reasons for this decline is the changed climatic conditions, which have a positive impact on bark beetle pests and a negative impact on the health of spruce stands. For this reason, early protective measures against *I. typographus* are needed. Based on air temperatures from the SHMI meteorological network, we can calculate the beginning of flight activity in areas with the dominant tree species Spruce using the Phenips model, which would greatly help to the timely planning and application of forest protection activities in forest stands. To test the calculation of the beginning flight activity, we selected the Horehronie area, where significant bark beetle disturbance was recorded in 2024 (more than 500,000 m³ of spruce mass damaged). The change in climatic conditions was confirmed by the year 2024, the warmest year in the history of meteorological observations in Slovakia. At the Telgárt meteorological station, the largest positive deviations from normal values were recorded in February (+6.3°C above the 1991-2020 normal period) and March (+4°C above the 1991-2020 normal period). We decided to modify the PHENIPS model, and in addition to the original start of the degree day count from 1st April, we also used a start of the count from 1st January, just due to the above-normal winter and spring. With this method of calculating the degree-days in 2024, the value of 60 degree-days (potential for the start of flight activity of the spruce beetle) was exceeded for the first time in the Horehronie region around 7th April. By the last decade of April, it had already been reached in most of the Horehronie region, except the mountain areas of the Low Tatras and the Muránska planina Mountains. Calculating from April, a shift in onset is visible, but also a faster progression. The value of 60 degree-days was already reached on 11th April in Horehronie, at the end of April it reached the lower parts of Horehronie. Our results confirm the significantly changed climatic conditions in 2024 and the need to start the PHENIPS model calculation significantly earlier than 1st April. According to the original methodology, this period was optimal for the model calculation due to the length of the photoperiod.

Keywords: Phenips, spruce bark beetle, flight activity, climate change

Vliv města na extrémní teploty vzduchu

Jaroslav Rožnovský

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Kroftova 43, 616 67 Brno, ČR
jaroslav.roznovsky@chmi.cz

Zvyšování teploty vzduchu je prokazatelný vliv změny klimatu. Z klimatologického hodnocení vyplývá, že v roce 2024 byly teploty ve většině měsíců nadprůměrné, přitom leden a únor mimořádně a srpen silně nadnormální, oproti 4. normálovému období, tedy období od 1991 až 2020.

Vyšší teploty vzduchu, zvláště v srpnu byly dány vyšším počtem tropických dnů. Hodnocení jsme zvolili pro město Brno. V publikaci Podnebí ČSSR – Tabulky (1961) je uváděn počet 14 tropických dnů. V hodnoceném období to bylo na KS Brno-Žabovřesky 38 dnů, na KS Brno-Tuřany 34 dnů.

Z našeho rozboru teploty vzduchu na KS Brno-Tuřany a Brno-Žabovřesky lze vyvodit, že:

1, v hodnoceném období leden až 6. říjen roku 2024 byl násobně vyšší výskyt tropických dnů, než odpovídá dlouhodobému průměru. Obdobně byl významně vyšší počet dnů letních.

2, výskyt letních a tropických dnů byl oproti dlouhodobému průměru výrazně dříve. Na KS Brno-Žabovřesky byl 1. letní den již 7. 4. 2024, kdy denní maximum dosáhlo 26,6 °C. První tropický den byl na této stanici 18. 6. 24 s hodnotou 30,4 °C, ale také 19. 6. 24 s hodnotou 32 °C. První tropický den na KS stanice Brno-Tuřany byl 19. června s hodnotou 30,3 °C.

Příčinou silně nadnormální teploty vzduchu v srpnu je počet tropických dnů. Byl potvrzen vliv anticyklonálního počasí na počet tropických dnů. Na letním vzestupu teploty vzduchu se letos jednoznačně podílel výskyt extrémních teplot vzduchu, tedy vysoký počet tropických dnů. Jejich počet v posledních letech překračuje dvojnásobek výskytů oproti průměrům za období 1961 až 2000. Zde je nutné zdůraznit, že je velký rozdíl mezi extrémní teplotou vzduchu ve volné krajině a ve městech. V nich sehrává významnou roli ovlivnění radiační bilance umělými povrchy. Významnou roli ve snížení rozsahu tepelného ostrova má zeleň.

Klíčové slová: oteplování, městské klima, tepelný ostrov města, synoptická situace,

PodĎakovanie

Tato práce vznikla jako součást řešení projektu TA ČR „ Omezení negativních dopadů meteorologických extrémů (teploty, větru a srážek) na veřejné zdraví a životní prostředí ve velkých aglomeracích“ č. SS07020449.

60 let České a Slovenské bioklimatologické společnosti

¹Jaroslav Rožnovský, Bernard Šiška, Jaroslav Střeščík, Jaroslav Vido

¹Česká bioklimatologická společnost, Zemědělská 1, 613 00 Brno, ČR jaroslav.roznovsky@chmi.cz
jaroslav.roznovsky@chmi.cz

²Slovenská bioklimatologická spoločnosť pri ČSAV, Dúbravská cesta 9, 845 35 Bratislava

Ustavující schůze Československé bioklimatologické společnosti se konala dne 8. září 1965 v 10 hodin v dnešním Národním domě na náměstí Míru v Praze. V předstihu (20. 8. 1965) byl vytvořen organizační řád Společnosti (dnešní Stanovy). Ovšem její vznik byl dosti komplikovaný. Původně šlo o Bioklimatologickou skupinu při ČSMS. Bioklimatologická komise při ČSAV dne 8. 1. 1965 schválila návrh na vytvoření samostatné společnosti tím, že převezme také činnost Bioklimatologické komise při ČSAV. V lednu 1965 projednávalo tento návrh vědecké kolegium astronomie, geofyziky a meteorologie při ČSAV, jehož zasedání byl přítomen prof. Gregor jakožto předseda ČSMS. Jeho názor na vytvoření samostatné Bioklimatologické společnosti byl jednoznačně záporný a odsuzující, záporně se vyjadřoval i o činnosti Skupiny. Na ustavující schůzi byl za předsedu nové Společnosti zvolen prof. Václav Novák, 1. místopředsedou prof. Karel Symon, 2. místopředsedou ing. Vladimír Krečmer, vědeckým tajemníkem doc. Vladimír Havlíček a hospodářem ing. Václav Picko. Dalšími členy předsednictva byli mj. RNDr. Ladislav Křivský, MUDr. Jiří Matoušek, náhradníkem doc. Vlastimil Pasák, členem revizní komise MUDr. Rudolf Barcal. Na ustavující schůzi referoval prof. Symon o problematice lékařské, doc. Havlíček o problematice zemědělsko-lesnické.

IV. Česko-slovenská bioklimatologická konference v říjnu 1965 v Brně byla již vedena jako akce nově vzniklé společnosti, která v konferenčních aktivitách pokračuje, tedy pokračují již samostatně Česká a Slovenská Společnost. V oboru zoobioklimatologie se v roce 2024 konala v Brně již 39. konference „Aktuální otázky bioklimatologie zvířat“ a k problematice vody v krajině 7. konference „Hospodaření s vodou v krajině“.

Slovenská bioklimatická spoločnosť v spolupráci s Českou bioklimatologickou spoločnosťou úspešne zorganizovala niekoľko medzinárodných konferencií v spolupráci s medzinárodnými vedeckými spoločnosťami a organizáciami. Slovenská bioklimatologická spoločnosť sa úspešne začlenila do štruktúr Medzinárodnej biometeorologickej spoločnosti (International society of Biometeorology) a v roku 2011 sa stretli reprezentanti Svetovej meteorologickej spoločnosti sekcie agrometeorológie (Agricultural meteorology WMO) po prvý raz v krajine strednej a východnej Európy na zámku v Topoľčiankach (máj 2011). V rámci európskej vedeckej a technologickej spolupráce (COST) boli zorganizované viaceré medzinárodné konferencie z bohatou medzinárodnou účasťou (Skalica 2013, Nitra 2015, Smolenica 2017)

Výstupy z vedeckých konferencií sú registrované vo vedeckých databázach WOS.

Kľúčové slová: bioklimatologie, konference, databáze WOS,

Zmeny klimatických podmienok a ich vývoj počas obdobia rokov 1951 – 2100

Mgr. Dominika Šadláková¹

¹ Fakulta matematiky fyziky a informatiky UK, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava, sadlakova2@uniba.sk

Industrializácia od roku 1881 zásadne ovplyvnila globálnu klímu, pričom na Slovensku sa priemerná teplota vzduchu zvýšila o 1,7 – 1,8 °C. Tento nárast je časovo a priestorovo diferencovaný, čo zdôrazňuje potrebu detailného výskumu minulých trendov a modelovania budúceho vývoja klimatických podmienok.

Teplotná analýza minulého obdobia je realizovaná na základe údajov z 55 klimatologických staníc reprezentujúcich všetky klimaticky špecifické regióny Slovenska. Výber staníc podliehal prísnyim kritériám – požiadavke na začiatok merania v roku 1951 alebo 1961 a minimálnej úplnosti údajov 90 %. Trendy maximálnej, minimálnej a priemernej teploty vzduchu boli identifikované Mann-Kendallovým testom, ktorý potvrdil signifikantný rast teplôt na všetkých analyzovaných staniaciach. Nárast teplotných odchýlok bol kvantifikovaný prostredníctvom lineárnej regresie, pričom najvyšší nárast bol zaznamenaný pri minimálnej dennej teplote (T_{min}), s hodnotami odchýlok nárastu o 0,7 °C až 4,7 °C.

Budúce klimatické podmienky boli modelované na základe regionálnych klimatických modelov HIRHAM5 a RACMO22E, ktoré sú súčasťou simulácií Euro-CORDEX s vysokým rozlíšením 0,11° (12,5 km). Výber modelov vychádzal z našich odborných požiadaviek a odporúčaní štúdie Meitner a kol., 2023, ktorá analyzovala vhodnosť klimatických modelov pre Českú republiku, pričom klimatické podmienky Česka a Slovenska sú veľmi podobné. Modelovanie budúcej klímy využíva emisné scenáre RCP4.5 a RCP8.5 pričom modelované obdobie bude do konca 21. storočia.

Kalibrácia modelov je realizovaná na historických údajoch z rokov 1981 – 2005. Pre zabezpečenie kvality výstupov bolo vybraných 90 meteorologických staníc na základe rovnakých kritérií ako pri analýze historických údajov. Na korekciu bias chýb v modelovaných údajoch boli aplikované metódy kvantilového mapovania, konkrétne empirické kvantilové mapovanie, robustné kvantilové mapovanie a kvantilové delta mapovanie. Tieto metódy umožňujú odstrániť systematické odchýlky medzi simulovanými a pozorovanými údajmi, čím zvyšujú spoľahlivosť modelových predpovedí.

Výsledky prispievajú k lepšiemu pochopeniu klimatickej zmeny na Slovensku a umožnia presnejšiu projekciu budúcich klimatických podmienok. Detailná analýza teplotných trendov a aplikácia pokročilých modelovacích prístupov ponúkajú hodnotné informácie nielen pre Slovensko, ale aj pre širší región strednej Európy. Výstupy výskumu môžu slúžiť aj ako podklad pre adaptačné opatrenia a environmentálnu politiku, čím podporia efektívnejšie plánovanie v kontexte meniacej sa klímy do konca 21. storočia.

Kľúčové slová: zmena klímy; teplotné extrémny; lineárna regresia; regionálne klimatické modely, kvantilové mapovanie, Slovensko.

Pod'akovanie

Chcem pod'akovať za realizáciu a financovanie výskumu excelentnému grantu UK, ktorý má názov Budúci vývoj časových a priestorových klimatických podmienok na Slovensku do konca 21. storočia (číslo projektu UK/1329/2024).

Literatúra

MEITNER, J., ŠTĚPÁNEK, P., SKALÁK, P., DUBROVSKÝ, M., LHOTKA, O., PENČEVOVÁ, R., ZAHRADNÍČEK, P., FARDA, A., TRNKA, M. 2023. Validation and Selection of a Representative Subset from the Ensemble of EURO-CORDEX EUR11 Regional Climate Model Outputs for the Czech Republic. In: *Atmosphere*. 2023. vol. 14, 9, 1442. ISSN 2073-4433.

Klasifikácia umiestnení 31 klimatologických staníc SHMÚ podľa predpisu WMO pre prvky teplota vzduchu a zrážky

Mgr. Karol Seják

Slovenský hydrometeorologický ústav, karol.sejak@shmu.sk

Okolie klimatologických staníc je často pod vplyvom urbanizácie (výstavba parkovísk, ciest a budov), ale rovnako je vystavené rastu stromov a rôzneho druhu vegetácie. Vyhodnocovať vplyv okolitých prekážok na meranie meteorologických prvkov považujem vzhľadom na postupujúcu klimatickú zmenu za jednu z priorít v rámci pôsobenia na SHMÚ. V rokoch 2023 a 2024 bola realizovaná klasifikácia umiestnení 31 klimatologických staníc, ktoré patria pod pracovisko SHMÚ v Bratislave. Cieľom bolo nájsť metódu klasifikácie staníc, ktorej časť môže vykonávať aj asistent pre meteorológiu a klimatológiu pri hĺbkových inšpekciách staníc. Na zaradenie staníc do jednotlivých kategórií som použil v teréne iPad so statívom a nainštalovanou aplikáciou Theodolite HD, pričom v druhej časti som využil ortofoto snímky a digitálny model reliéfu. Aplikácia nahrádza profesionálne a drahé totálne stanice (profesionálny teodolit), pričom je svojou presnosťou dostatočná na zaradenie stanice do danej triedy pre hodnotené meteorologické prvky. Na základe predpisu ANNEX 1.B. SITING CLASSIFICATIONS FOR SURFACE OBSERVING STATIONS ON LAND (The text of the common ISO/WMO standard 19289:2014(E)) boli vyššie uvedenými metódami ohodnotenú stanice pre prvky teplota vzduchu a zrážky. Z 31 klimatologických staníc sa pre teplotu a vlhkosť vzduchu neumiestnila v 1. kategórii žiadna klimatologická stanica. V poslednej, 5. kategórii sa umiestnilo 12 staníc, pričom dôvodom je tienenie od stromov a budov na snímač teploty a vlhkosti vzduchu. Najviac, 15 staníc sa umiestnilo v predposlednej, 4. kategórii. Pri zrážkach sa rovnako ako pri teplote vzduchu do 1. triedy neumiestnila žiadna stanica, v poslednej, 5. kategórii sa umiestnila len 1 stanica, pričom najviac staníc sa umiestnilo v 2. kategórii. Vzniknuté produkty klasifikácie (podkladové materiály pre zaradenie staníc do kategórií) sú dostupné vybraným zamestnancom SHMÚ vo forme naprogramovanej mapovej aplikácie na zobrazovanie produktov klasifikácie (<https://karol187.github.io/Mapa.html>). Vzniknuté klasifikačné produkty slúžia meteorológom a klimatológom pri odhade reprezentatívnosti merania teploty vzduchu a zrážok z danej lokality. V budúcnosti je cieľom klasifikovať najmä klimatologické stanice minimálne každých 5 rokov alebo pri premiestnení, či inštalovaní stanice na novom mieste.

Kľúčové slová: Klasifikácia umiestnení klimatologických staníc, WMO, Theodolite HD, ortofoto snímky, digitálny model reliéfu, reprezentatívnosť meraní.

PodĎakovanie

Ďakujem asistentom pre meteorológiu a klimatológiu, vedúcemu odboru a ostatným kolegom, ktorí mi umožnili dostať sa priamo k stanicam a vykonávať tak terénne merania. Zároveň chcem osobitne poďakovať asistentom pre meteorológiu a klimatológiu v pobočke SHMÚ Banská Bystrica a vedúcej pobočky SHMÚ Banská Bystrica za zorganizovanie školenia klasifikácie staníc.

Severe weather studies using high resolution forecast applications at SHMU

André Simon¹, Martin Belluš¹, Michal Neštiak¹, Ladislav Méri¹, Mária Derková¹, Miroslav Šinger^{1,2}

¹ Slovak Hydrometeorological Institute, Andre.Simon@shmu.sk

² Comenius University, Department of Astronomy, Physics of the Earth, and Meteorology

During the past decade, several small-scale severe weather events such as floods, hailstorms, downbursts, tornadoes or freezing rain appeared in Slovakia, which posed new challenges in protection of civilians and infrastructure. Early warnings and assessment of impacts require forecasting applications, which are capable of monitoring the evolution of extremes across different scales and forecasting lead times. At SHMU, these are mostly based on the ALARO canonical configuration of the ALADIN NWP system. INCA-SK is a local adaptation of the INCA nowcasting system and provides nowcasts of basic surface meteorological parameters (temperature, wind, humidity). In addition, the qPrec algorithm was developed to refine the precipitation analysis using rain-gauge and radar data – qPrec (quality Precipitation). The precipitation analysis is computed every 5 minutes with the latest radar and rain-gauge inputs. 6 radar sites (4 SK, 1 CZ, 1 HU) and data from cca. 300 automatic rain-gauges serve as input. Since 2021, a rapid update cycle (RUC1) has been developed in order to provide nowcasts and very short range forecasts at high resolution, which should at least partially replace or supplement the INCA outputs in the future. Although not fully operational, RUC1 has been running regularly since 2022, with its forecasts available to forecasters. The main focus of this system is to forecast deep convection, precisely determining its location and intensity at the end of the nowcasting period and at the very short range. Its outputs were used to specify the track of supercells, which hit southwestern Slovakia on 9 June 2024 and they caused significant damage mainly by large hail and severe wind gusts. The ALA2E, ALADIN/SHMU, and A-LAEF systems are primarily used as operational NWP applications for short range weather forecasting. These systems were successfully used in forecasting precipitation during the September 2024 floods in Central Europe. Mini-EPS configuration based on the A-LAEF uncertainty simulations (containing 6+1 members) has been successfully tested at a 1 km resolution and even at the hectometric scale (750 m resolution). The described systems are constantly being developed and improved, and we experiment with assimilation of additional data types (e.g. radars in RUC1) and with higher spatial resolutions on hectometric domains (up to 250 m resolution).

Keywords: severe weather, numerical weather prediction, EPS, precipitation analyses, radar data assimilation

Acknowledgment

This study has partially been funded by the European Union under the DE_330_MF agreement between ECMWF and Météo-France, in the frame of the first and second phase of the Destination Earth project.

Očakávaná zmena charakteru sucha v budúcnosti podľa výstupov regionálnych klimatických modelov

Jaroslava Slavková^{1,2}

¹ Slovenský hydrometeorologický ústav, jaroslava.slavkova@shmu.sk

² Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského

Na území Slovenska očakávame do konca 21. storočia nárast priemernej ročnej teploty o 3.5 – 6.0 °C v porovnaní s obdobím 1991 – 2020. V súlade s týmto nárastom bude narastať aj referenčná evapotranspirácia. V mnohých oblastiach Slovenska nárast úhrnu zrážok nebude dostatočný na to, aby pokryl zvýšenú evapotranspiráciu. Predpokladáme preto, že na území Slovenska príde aj k zmenám vo výskyte sucha. V tejto práci analyzujeme očakávané zmeny frekvencie výskytu suchých epizód (aj extrémne suchých epizód) a intenzity sucha do roku 2100 na základe 12-mesačného indexu sucha SPEI. SPEI počítame z validovaných výstupov piatich regionálnych klimatických modelov pričom berieme do úvahy dva emisné scenáre: stredný emisný scenár RCP4.5 a pesimistický scenár RCP8.5, ktorý predpovedá nárast skleníkových plynov v prípade úplnej absencie mitigačných opatrení. Hodnoty SPEI v rámci referenčného obdobia indexu sme otestovali na normalitu a následne sme odstránili tie rady, ktoré nemali normálne rozdelenie. Takýmto spôsobom sme vylúčili indexy, ktoré mohli byť skreslené v dôsledku nevhodne odhadnutých parametrov štatistického rozdelenia v procese výpočtu indexu, či v dôsledku systematických chýb klimatických modelov. Okrem stredných polôh a horských oblastí očakávame nárast frekvencie sucha prakticky na celom území Slovenska. Najvýraznejšie porastie frekvencia výskytu sucha na Podunajskej nížine a na juhu stredného Slovenska. Na Podunajskej a Záhorskej nížine a v kotlinách na juhu stredného Slovenska vzrastie podľa našej analýzy najvýraznejšie aj frekvencia výskytu extrémneho sucha. V porovnaní s obdobím 1991 – 2020 tu bude ku koncu storočia približne o 2 až 12% viac mesiacov s extrémnym 12-mesačným suchom. Zmena intenzity epizód sucha na väčšine územia Slovenska nebude výrazná. Najvýraznejší nárast priemernej intenzity epizód sucha predpokladáme v lokalitách do 350 m n.m. Na druhej strane na vysokohorských staniach ako Tatranská Javorina, či Skalnaté pleso sa v budúcnosti očakáva pokles intenzity sucha.

Kľúčové slová: meteorologické sucho, SPEI, regionálne klimatické modely, emisné scenáre, Slovensko

PodĎakovanie

Táto práca bola podporená v rámci výskumného projektu s názvom Vplyv extrémneho sucha na poľnohospodárstvo vo vybraných klimatických regiónoch Európy (akronym: EDIA) s evidenčným číslom projektu DS-FR-22-0017, financovaným v rámci Programu na financovanie projektov multilaterálnej vedecko-technickej spolupráce v dunajskom regióne Agentúry na podporu výskumu a vývoja (APVV).

Výchrice vo Vysokých Tatrách

Varšová Svetlana^{1*}, Lukasová Veronika¹, Krempaský Ján^{1,3}, Onderka Milan², Bilčík Dušan¹,
Pavol Nejedlík¹, Jaroslav Škvarenina^{1,4}

¹ Ústav vied o Zemi SAV, v.v.i., Dúbravská cesta 9, Bratislava, SK-84005 *geofsvet@savba.sk

² Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, Bratislava, SK-83315

³Fakulta ekológie a environmentalistiky, Technická univerzita vo Zvolene, T.G.Masaryka 24, Zvolen SK-960 01

⁴ Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, T.G.Masaryka 24, Zvolen SK-960 01

Pred 20-timi rokmi, v piatok 19. novembra 2004 popoludní zasiahla Vysoké Tatry veterná živelná pohroma – víchrica Alžbeta. Meteorológovia vysvetlili, že išlo o padavý vietor nazývaný aj tatranská bóra. Hlavnou charakteristikou týchto vetrov je ich výrazná zostupná zložka a vyššia rýchlosť na záveterných svahoch ako na vrcholoch a hrebeňoch pohoria. Mimoriadne silné padavé vetry zo severozápadu až severu najčastejšie zasahujú južné svahy pod Lomnickým štítom v okolí Skalnatého plesa, kde meteorológovia vykonávajú pozorovania už viac ako 80 rokov. Dlhodobý rad anemometrických meraní na observatóriu Skalnaté Pleso tak umožňuje analyzovať zmeny výskytu extrémnych veterných situácií v tejto oblasti pre rôzne obdobia.

Z analýz dlhodobých anemometrických meraní na Skalnatom Plese (Otruba a Wiszniewski, 1974) vyplýva, že v polovici minulého storočia boli južné svahy Vysokých Tatier vystavené silnejším vetrom ako v posledných dekádach a to pred aj po roku 2004. V období po ničivej víchrici Alžbeta v novembri 2004 sme zaznamenali mierny pokles početnosti dní s výskytom víchric, poklesli aj hodnoty priemernej ročnej rýchlosti vetra a absolútne maximum priemernej hodinovej rýchlosti vetra. Extrémne vysoké okamžité alebo aj nárazové rýchlosti vetra neprekonalí historické maximum $78,6 \text{ m s}^{-1}$ t.j. 283 km h^{-1} , z novembra 1965.

Nebezpečné víchrice v tatranskej oblasti vznikajú pri silnom prúdení studeného, pôvodom arktického vzduchu, ktorý je vyvolaný výrazným tlakovým gradientom medzi tlakovou výšou nad juhozápadnou Európou a tlakovou nížou s centrom severne, resp. severovýchodne od územia Slovenska a to bez ohľadu na oblasť jej pôvodu.

Rozsah poškodenia lesného porastu pri veterných kalamiťach okrem sily vetra závisí aj od ďalších faktorov. Extrémne kalamiťné situácie vznikajú v dôsledku pôsobenia viacerých fyzikálnych procesov v širokom rozmedzí priestorových a časových škál v rámci kontinua dynamických vzťahov v atmosfére, hydrosfére a pedosfére, pričom miera ich účinku závisí od celkového stavu porastov.

Pokalamiťný vývoj lesa na území TANAPu možno považovať za pozitívny (Konôpka a Šebeň). Významná časť plochy zasiahnutej víchricou je pokrytá mladými zmiešanými lesmi. Poškodené oblasti sa regenerujú, pričom bilancia uhlíka sa vracia na úroveň pred kalamiťou (Petřík et al., 2024).

Kľúčové slová: víchrica, padavý vietor, rýchlosť vetra, meteorologické reanalýzy, lesné porasty

Podakovanie

Táto práca vznikla s podporou Vedeckej grantovej agentúry Slovenskej republiky, projekty VEGA 2/0048/25 a 2/0115/25. Autori ďakujú za aktívnu spoluprácu pri zabezpečení manuálnych meteorologických meraní pracovníkom ÚVZ SAV: D. Božík, M. Krasuľa, P. Ďuriš a SHMÚ: M. Takáčová.

Zdroje:

Konôpka, B., Šebeň, V. (2024). Vývoj obnovy lesa na území TANAPu po vetrovej kalamiťe Alžbeta. In Zborník odborných príspevkov z konferencie "Aktuálne problémy lesa 2024", Horný Smokovec, 3.- 4. 10. 2024: Národné lesnícke centrum-Lesnícky výskumný ústav, Lesnícka ochranárska služba, p. 41-48

Otruba, J., Wiszniewski, W. (1974). Veterné pomery. In: Klíma Tatier. Redaktor M. Konček, Slovenská akadémia vied, s. 233-345

Petřík, P., Fleischer, P., Jr., Tomes, J., Pichler, V., Fleischer, P. Sr. (2024). Post-windthrow differences of carbon and water fluxes between managed and unmanaged Norway spruce stands. *Agricultural and Forest Meteorology*, 355:110102, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2024>.

Vývoj a priestorová diferenciacia snehovej pokrývky v oblasti Vysokých a Belianskych Tatier v kontexte klimatickej zmeny

Bc. Marcel Vasil'ák

Ústav geografie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach

Tatry sú aj napriek svojej relatívne malej rozlohe a nadmorskej výške veľmi zaujímavé a rôznorodé pohorie, z pohľadu bežného návštevníka, rekreanta, turistu, ale aj geografa a meteorológa. Napriek svojej polohe v miernom klimatickom pásme predstavuje unikátny komplex klimatických charakteristík, ktoré ďalej vplývajú na miestnu krajinu (biosféru, hydrosféru, pedosféru atď.). V práci sme sa v rámci klimatického prierezu Vysokých a Belianskych Tatier venovali časovému a priestorovému vývoju, trendom snehovej pokrývky (ďalej ako SP) a tiež koreláciou ukazovateľov SP a teploty vzduchu, zväčša za obdobie rokov 1981-2023, resp. 1991-2023. Cieľom práce bolo tiež zhodnotenie priestorovej distribúcie SP simuláciami modelu WRF, vzhľadom na topografiu horstva, lokálne klimatické faktory atď., čo sa nám však vzhľadom na technickú náročnosť výpočtu dodnes nepodarilo dokončiť. Pre naplnenie primárneho cieľa práce sme využili dostupné meteorologické dáta zo staničnej siete zo záujmového územia aj z územia poľských Tatier, pre komplexnejší pohľad a porovnanie klimatických rozdielov v rámci pohoria. Vstupné dáta do simulácii SP modelom WRF sme použili vstupné dáta ERA5 (WRF-ERA5), pričom vo výstupe po spracovaní v GIS dostaneme rastrové mapové výstupy v zlepšenom rozlíšení (použitím techniky downscalingu a interpolácie). Na ich základe budeme vedieť vyhodnotiť lokálnu diferenciaciu SP v oblasti vzhľadom na orografické pomery, orientáciu svahov atď., pričom pozemné merania budú slúžiť ako verifikačné dáta pre WRF-ERA5. V práci sme zistili, že časové trendy viacerých aspektov SP (výška SP, trvanie a charakteristické dni výskytu SP, úhrny zimných a snehových zrážok a iné) sú v posledných dekádach výrazne dynamické (väčšinou poklesové), s rôznym vývojom a medziročnou variabilitou. Vo väčšine snehových parametrov je prostredníctvom rastúcej teploty vzduchu viditeľný negatívny dopad klimatickej zmeny, pričom zistená bola aj diferenciacia snehových pomerov podľa orografickej polohy (aj voči prevládajúcemu prúdeniu vzduchu) alebo nadmorskej výšky a iných faktorov, s rozdielmi medzi slovenskými a poľskými stanicami. Výsledky práce sú široko ako teoretický podklad aplikovateľné pri monitoringu a popise lavínového terénu, topografie alebo povrchovej erózie, hydrologického režimu oblasti a odtoku, v manažmente cestovného ruchu alebo pri údržbe turistickej infraštruktúry.

Kľúčové slová: snehová pokrývka, reliéf, klimatická zmena, Vysoké a Belianske Tatry

PodĎakovanie

Chcel by som poďakovať môjmu odbornému konzultantovi Mgr. Tomášovi Fedorovi za cenné pripomienky a pomoc pri konfigurácii a spúšťaní modelu WRF, ako aj za poskytnutie výpočtovej techniky na jeho výpočet.

ISBN: 978-80-973051-3-0

